



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL  
ESPECIALIDAD: MECÁNICA**

PROYECTO FIN DE CARRERA

**ANÁLISIS DE UNA LÍNEA DE  
ENSAMBLE AUTOMÁTICA DE  
MOTORES PARA  
LIMPIAPARABRISAS TRASEROS  
PARA LA MEJORA DE SU  
PRODUCTIVIDAD**

Autor:  
**IGNACIO ARRIBAS MARTÍNEZ**

Tutor:  
**JOSÉ LUIS CANTERO GUISÁNDEZ**  
(Departamento de Ingeniería Mecánica)

*Leganés, Enero de 2015*



**Título:** “ANÁLISIS DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE AUTOMÁTICA DE MOTORES PARA LIMPIAPARABRISAS TRASEROS PARA LA MEJORA DE SU PRODUCTIVIDAD”

**Autor:** IGNACIO ARRIBAS MARTÍNEZ

**Director:** JOSÉ LUIS CANTERO GUISÁNDEZ

## EL TRIBUNAL

Presidente: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día \_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE



# Índice general

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Estructura de la memoria .....	5
<b>2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) .....</b>	<b>7</b>
2.1 Mantenimiento Productivo Total .....	7
2.2 Eliminación de Averías .....	12
2.3 Eliminación de Microparadas .....	12
2.4 TPM y las 5S .....	13
2.5 Plan de Mantenimiento Preventivo .....	15
2.6 Funciones de los participantes en TPM.....	18
2.7 Recomendaciones para diseño .....	20
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA ACTUAL .....</b>	<b>22</b>
3.1 Introducción .....	22
3.2 Descripción general de la línea .....	24
<b>4. ESTUDIOS DE MEJORA.....</b>	<b>49</b>
4.1 Introducción .....	49
4.2 Estudios Rojo/Verde .....	51
4.3 Estudios de Variabilidad .....	75
4.4 Estudios de Microparadas .....	90
<b>5. FIABILIZACIÓN DE PUESTOS.....</b>	<b>114</b>
5.1 Introducción .....	114
5.2 Acciones Relevantes Puesto 2.2.....	118
5.3 Acciones Relevantes Puesto 2.5.....	123
5.4 Acciones Relevantes Puesto 2.9.....	127
5.5 Acciones Relevantes Puesto 2.10.....	132
<b>6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO .....</b>	<b>139</b>
6.1 Conclusiones .....	139
6.2 Líneas de trabajo futuro .....	140

<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>142</b>
1. Libros .....	142
2. Páginas web.....	142
<b>8. ANEXO I: PLANES DE ACCIÓN.....</b>	<b>144</b>
1. Plan de Acción Puesto 2.2.....	144
2. Plan de Acción Puesto 2.5.....	149
3. Plan de Acción Puesto 2.9.....	154
4. Plan de Acción Puesto 2.10.....	158

# Índice de figuras

<i>Figura 1: Distribución geográfica de VALEO</i> .....	2
<i>Figura 2: Motor limpiaparabrisas trasero</i> .....	2
<i>Figura 3: Explosionado de un motor limpiaparabrisas trasero</i> .....	5
<i>Figura 4: Tiempos de una instalación</i> .....	9
<i>Figura 5: TPM y las 5S</i> .....	14
<i>Figura 6: Elaboración del Mantenimiento Preventivo</i> .....	16
<i>Figura 7: Tiempos de Mantenimiento Preventivo</i> .....	16
<i>Figura 8: Numeración de puestos de la línea de producción</i> .....	23
<i>Figura 9: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.1</i> .....	24
<i>Figura 10: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.2</i> .....	25
<i>Figura 11: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.3</i> .....	26
<i>Figura 12: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.4</i> .....	27
<i>Figura 13: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.5</i> .....	28
<i>Figura 14: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.6</i> .....	29
<i>Figura 15: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.7</i> .....	30
<i>Figura 16: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.8</i> .....	31
<i>Figura 17: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.1</i> .....	32
<i>Figura 18: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.2.a</i> .....	33
<i>Figura 19: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.2.b</i> .....	34
<i>Figura 20: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.3.a</i> .....	34
<i>Figura 21: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.3.b</i> .....	35
<i>Figura 22: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.4.a</i> .....	36
<i>Figura 23: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.4.b</i> .....	37
<i>Figura 24: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.5</i> .....	38
<i>Figura 25: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.55</i> .....	39
<i>Figura 26: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.6</i> .....	39
<i>Figura 27: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.7</i> .....	40
<i>Figura 28: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.8</i> .....	41

<i>Figura 29: Puesto 2.85 de Soldadura Láser (Izqda.), Robot de Soldadura Láser (Dcha.)</i>	42
<i>Figura 30: Placa electrónica de 7 soldaduras</i>	42
<i>Figura 31: Detalle placa electrónica soldada</i>	43
<i>Figura 32: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.9</i>	44
<i>Figura 33: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.10</i>	45
<i>Figura 34: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.15.a</i>	47
<i>Figura 35: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.15.b</i>	47
<i>Figura 36: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.15.c</i>	48
<i>Figura 37: Evolución Método Rojo/Verde</i>	53
<i>Figura 38: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.1 Motor A</i>	54
<i>Figura 39: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.3 Motor A</i>	55
<i>Figura 40: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.6 Motor A</i>	56
<i>Figura 41: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.7 Motor A</i>	57
<i>Figura 42: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.2 Motor A</i>	58
<i>Figura 43: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.5 Motor A</i>	59
<i>Figura 44: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.6 Motor A</i>	60
<i>Figura 45: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.85 Motor A</i>	60
<i>Figura 46: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.9 Motor A</i>	61
<i>Figura 47: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.95 Motor A</i>	62
<i>Figura 48: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.10 Motor A</i>	63
<i>Figura 49: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.12 Motor A</i>	63
<i>Figura 50: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.13 Motor A</i>	64
<i>Figura 51: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.14 Motor A</i>	64
<i>Figura 52: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.15 Motor A</i>	65
<i>Figura 53: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.1 Motor B</i>	66
<i>Figura 54: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.3 Motor B</i>	66
<i>Figura 55: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.6 Motor B</i>	67
<i>Figura 56: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.7 Motor B</i>	68
<i>Figura 57: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.2 Motor B</i>	68
<i>Figura 58: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.4 Motor B</i>	69
<i>Figura 59: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.5 Motor B</i>	70
<i>Figura 60: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.6 Motor B</i>	71
<i>Figura 61: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.7 Motor B</i>	72
<i>Figura 62: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.12 Motor B</i>	72
<i>Figura 63: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.13 Motor B</i>	73
<i>Figura 64: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.14 Motor B</i>	73
<i>Figura 65: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.15 Motor B</i>	74
<i>Figura 66: Gráfico de tiempos Circuito 1 Motor A</i>	78
<i>Figura 67: Gráfico de tiempos Circuito 2 Motor A</i>	80
<i>Figura 68: Gráfico de tiempos Circuito 1 Motor B</i>	83
<i>Figura 69: Gráfico de tiempos Circuito 2 Motor B</i>	85
<i>Figura 70: Gráfico de tiempos Circuito 1 Motor C</i>	88
<i>Figura 71: Gráfico de tiempos Circuito 2 Motor C</i>	89
<i>Figura 72: Gráfico de Microparadas Totales</i>	112
<i>Figura 73: Gráfico de Microparadas por Familia</i>	113
<i>Figura 74: Plano en planta Puesto 2.2</i>	116
<i>Figura 75: Plano en planta Puesto 2.5</i>	116
<i>Figura 76: Plano en planta Puesto 2.9</i>	117
<i>Figura 77: Plano en planta Puesto 2.10</i>	118



<i>Figura 78: Plano esquemático Puesto 2.2 .....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 79: Foto subpuesto 2.2.1 .....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 80: Foto dial de giro de engrase subpuesto 2.2.1 .....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 81: Foto subpuesto 2.2.2 .....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 82: Foto bandejas subpuesto 2.2.2 .....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 83: Plano esquemático Puesto 2.5 .....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 84: Foto subpuesto 2.5.1 .....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 85: Foto tubos de alimentación subpuesto 2.5.1 .....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 86: Foto detalle tubo subpuesto 2.5.1 .....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 87: Plano esquemático Puesto 2.9 .....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 88: Foto puesto 2.9 .....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 89: Foto cabezales de soldadura puesto 2.9 .....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 90: Foto limpieza de puntas puesto 2.9 .....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 91: Foto aspiración de humos puesto 2.9 .....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 92: Plano esquemático Puesto 2.10 .....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 93: Foto subpuesto 2.10.1 .....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 94: Foto tolva de tapas subpuesto 2.10.1 .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 95: Foto subpuestos 2.10.2 y 2.10.3 .....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 96: Foto dial de rodaje .....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 97: Foto conjunto de golpeteo 1 del dial de rodaje .....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 98: Foto conjunto de golpeteo 2 del dial de rodaje .....</i>	<i>138</i>

# Índice de tablas

<i>Tabla 1: Variabilidad Circuito 1 Motor A</i> .....	76
<i>Tabla 2: Variabilidad Circuito 2 Motor A</i> .....	77
<i>Tabla 3: Tiempos reordenados Circuito 1 Motor A</i> .....	78
<i>Tabla 4: Tiempos reordenados Circuito 2 Motor A</i> .....	79
<i>Tabla 5: Variabilidad Circuito 1 Motor B</i> .....	81
<i>Tabla 6: Variabilidad Circuito 2 Motor B</i> .....	82
<i>Tabla 7: Tiempos reordenados Circuito 1 Motor B</i> .....	83
<i>Tabla 8: Tiempos reordenados Circuito 2 Motor B</i> .....	84
<i>Tabla 9: Variabilidad Circuito 1 Motor C</i> .....	86
<i>Tabla 10: Variabilidad Circuito 2 Motor C</i> .....	87
<i>Tabla 11: Tiempos reordenados Circuito 1 Motor C</i> .....	87
<i>Tabla 12: Tiempos reordenados Circuito 2 Motor C</i> .....	89
<i>Tabla 13: Resumen Motores A, B y C</i> .....	90
<i>Tabla 14: Microparadas Familia A Puesto 1.1</i> .....	92
<i>Tabla 15: Microparadas Familia A Puesto 1.2</i> .....	92
<i>Tabla 16: Microparadas Familia A Puesto 1.3</i> .....	92
<i>Tabla 17: Microparadas Familia A Puesto 1.4</i> .....	93
<i>Tabla 18: Microparadas Familia A Puesto 1.5</i> .....	93
<i>Tabla 19: Microparadas Familia A Puesto 1.6</i> .....	94
<i>Tabla 20: Microparadas Familia A Puesto 1.7</i> .....	94
<i>Tabla 21: Microparadas Familia A Puesto 1.8</i> .....	94
<i>Tabla 22: Microparadas Familia A Puesto 2.1</i> .....	95
<i>Tabla 23: Microparadas Familia A Puesto 2.2</i> .....	95
<i>Tabla 24: Microparadas Familia A Puesto 2.3</i> .....	96
<i>Tabla 25: Microparadas Familia A Puesto 2.4</i> .....	96
<i>Tabla 26: Microparadas Familia A Puesto 2.5</i> .....	97
<i>Tabla 27: Microparadas Familia A Puesto 2.6</i> .....	97
<i>Tabla 28: Microparadas Familia A Puesto 2.7</i> .....	97
<i>Tabla 29: Microparadas Familia A Puesto 2.85</i> .....	98

<i>Tabla 30: Microparadas Familia A Puesto 2.10</i> .....	98
<i>Tabla 31: Microparadas Familia A Puesto 2.12</i> .....	99
<i>Tabla 32: Microparadas Familia A Puesto 2.13</i> .....	99
<i>Tabla 33: Microparadas Familia A Puesto 2.15</i> .....	99
<i>Tabla 34: Microparadas Familia A Puesto 2.16</i> .....	100
<i>Tabla 35: Microparadas Familias B y C Puesto 1.1</i> .....	100
<i>Tabla 36: Microparadas Familias B y C Puesto 1.2</i> .....	101
<i>Tabla 37: Microparadas Familias B y C Puesto 1.3</i> .....	101
<i>Tabla 38: Microparadas Familias B y C Puesto 1.5</i> .....	102
<i>Tabla 39: Microparadas Familias B y C Puesto 1.6</i> .....	102
<i>Tabla 40: Microparadas Familias B y C Puesto 1.7</i> .....	103
<i>Tabla 41: Microparadas Familias B y C Puesto 1.8</i> .....	103
<i>Tabla 42: Microparadas Familias B y C Puesto 2.2</i> .....	103
<i>Tabla 43: Microparadas Familias B y C Puesto 2.3</i> .....	104
<i>Tabla 44: Microparadas Familias B y C Puesto 2.5</i> .....	105
<i>Tabla 45: Microparadas Familias B y C Puesto 2.6</i> .....	105
<i>Tabla 46: Microparadas Familias B y C Puesto 2.7</i> .....	105
<i>Tabla 47: Microparadas Familias B y C Puesto 2.8</i> .....	106
<i>Tabla 48: Microparadas Familias B y C Puesto 2.85</i> .....	106
<i>Tabla 49: Microparadas Familias B y C Puesto 2.9</i> .....	107
<i>Tabla 50: Microparadas Familias B y C Puesto 2.95</i> .....	107
<i>Tabla 51: Microparadas Familias B y C Puesto 2.10</i> .....	108
<i>Tabla 52: Microparadas Familias B y C Puesto 2.12</i> .....	108
<i>Tabla 53: Microparadas Familias B y C Puesto 2.13</i> .....	109
<i>Tabla 54: Microparadas Familias B y C Puesto 2.14</i> .....	109
<i>Tabla 55: Microparadas Familias B y C Puesto 2.15</i> .....	110
<i>Tabla 56: Microparadas Familias B y C Puesto 2.16</i> .....	110
<i>Tabla 57: Resumen Microparadas</i> .....	111

# Capítulo 1

## Introducción y objetivos

### 1.1 Introducción

Este proyecto ha sido realizado en el departamento de Ingeniería de la empresa “VALEO Sistemas Eléctricos, S.L.”, cuya planta de producción se encuentra situada en Madrid. El grupo VALEO, perteneciente al sector de la automoción, tiene presencia global, está ubicado en más de 28 países distintos, cuenta con más de 68000 empleados repartidos en un total de 124 plantas de producción, 21 centros de investigación, 40 centros de desarrollo y 12 plataformas de distribución:



*Figura 1: Distribución geográfica de VALEO*

VALEO Sistemas Eléctricos forma parte del grupo de producto VALEO Sistemas de Visibilidad; en la planta de Madrid trabajan 200 empleados, dedicados a la fabricación de los motores limpiaparabrisas traseros de los principales fabricantes mundiales del sector automovilístico. En la siguiente imagen se puede ver un modelo estándar de motor limpiaparabrisas trasero:



*Figura 2: Motor limpiaparabrisas trasero*

Sus principales características son:

- Peso: 780g.
- Carcasa de plástico.
- Soporte integrado en carcasa.
- Función electrónica integrada.
- Conector integrado en carcasa.

En esta fábrica existen dos líneas automáticas, en las que los operarios se limitan a alimentar de componentes la línea, y otras cinco manuales, en las que los operarios se encargan de ir realizando el montaje en los diferentes puestos de la línea, hasta formar el motor final deseado. Cada una de las líneas automáticas, realiza de media unos 1200 motores en cada turno de 8 horas (teniendo en cuenta descansos, reuniones, limpiezas y todo el tiempo que no es productivo de los operarios), fabricando más o menos en función de la familia de motor que se está produciendo y de si lleva más o menos componentes (usando todos los puestos de la línea o dejando algunos anulados porque no son necesarios).

Este proyecto se centra en analizar una de las líneas automáticas que ensamblan estos motores limpiaparabrisas traseros, para crear un plan de acción sobre los puestos de trabajo más conflictivos de la línea, que permita su fiabilización. El fin de realizar la fiabilización de dichos puestos es conseguir aumentar la productividad de la línea, aunque en este proyecto no se obtendrán resultados; se centrará en evaluar, mediante diferentes estudios, la línea, para dar con los puestos que más entorpecen la producción y en la elaboración de los planes de mejora de dichos puestos.

A continuación, en el siguiente punto, se detalla el objetivo del proyecto más extensamente:

## 1.2 Objetivos

El objetivo fundamental de este proyecto es concluir que puestos de trabajo están haciendo que la línea no trabaje al 100% de sus posibilidades, para posteriormente crear unos puntos de trabajo sobre estos puestos más conflictivos, que permitan su fiabilización y por tanto se pueda mejorar la productividad de la línea. Para ello se aplicarán los principios en los que se fundamenta el **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**.

El **Mantenimiento Productivo Total** es una metodología que implica a todo el personal, en busca de la eliminación de las causas de pérdida de producción en las

máquinas, y por tanto aumentar su fiabilidad y disponibilidad y contribuir a la mejora del flujo y la productividad.

- **Mantenimiento**, del buen estado de las instalaciones.
- **Productivo**, orientado a mejorar la eficacia de las acciones de mantenimiento y mejora permanente.
- **Total**, dirigido a todo el personal de la instalación.

Su objetivo es aumentar la fiabilidad y disponibilidad de las instalaciones. Existen dos tipos:

- **CORRECTIVO**: eliminar las averías y las microparadas.
- **PREVENTIVO**: mantener el estado óptimo de las máquinas y prevenir las anomalías.

Para poder elegir sobre que puestos se va a actuar y se va a proceder a su fiabilización y poder así incrementar la productividad de la línea, es necesario realizar un estudio previo de esta. Más concretamente, se van a realizar tres tipos de estudios:

### 1. Estudios Rojo/Verde:

Se realizará una observación continua de los puestos que se consideran conflictivos, los más posibles con el equipo que se cuenta, que nos va a permitir distinguir entre el tiempo de despilfarro y el valor añadido para el cliente.

### 2. Estudios de Variabilidad:

Se trata de un estudio de tiempos para comprobar cómo afecta el tiempo ciclo de un puesto sobre los otros y que puestos son los que tienen el mayor tiempo de ciclo en cada circuito de la línea, haciendo de cuellos de botella.

### 3. Estudios de Microparadas:

Con este estudio, se van a contabilizar todas las microparadas que ocurran, paradas no superiores a 5 minutos y que no sea necesario que acuda un equipo de mantenimiento.

Posteriormente, y ya teniendo los tres estudios realizados, se tomará la decisión de que puestos son candidatos para realizar un análisis más intenso y crear un plan de acciones que logre la fiabilización de cada puesto.

La fiabilización consiste en realizar una observación detallada del puesto con la que se generen una serie de acciones a acometer, para garantizar la fiabilidad del mismo.

## 1.3 Estructura de la memoria

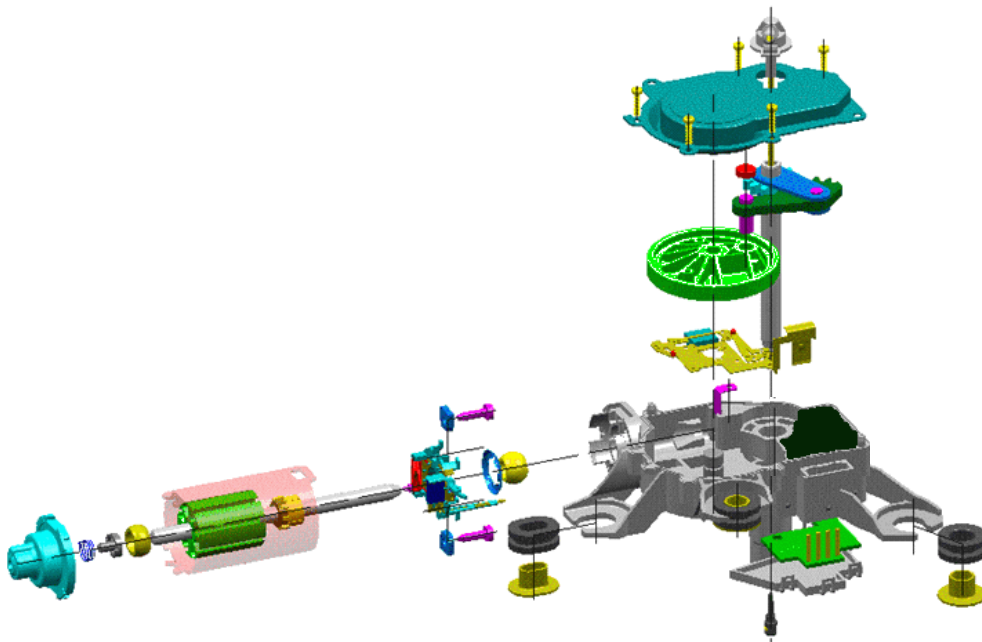
La memoria sigue la estructura que se muestra a continuación:

### 1. Mantenimiento Productivo Total (TPM):

Teoría a tener en cuenta a la hora de realizar los planes de acción para las estaciones críticas. Su objetivo es aumentar la fiabilidad y disponibilidad de las instalaciones.

### 2. Descripción de la línea actual:

Detalle de cada uno de los puestos de la línea, con las operaciones que se realizan en cada uno de ellos y observando la evolución que va teniendo el producto hasta llegar a formar el motor final que se muestra a continuación:



*Figura 3: Explosionado de un motor limpiaparabrisas trasero*

Cada motor lo componen de 67 a 70 componentes ensamblados.



**3. Estudios de mejora:**

Detalle de los tres estudios mencionados anteriormente donde se observarán los resultados y conclusiones de cada uno de ellos.

**4. Fiabilización de puestos:**

Descripción de los planes de acción que son necesarios llevar a cabo para la fiabilización de los puestos que se ha elegido mejorar según los resultados obtenidos de los tres estudios.

**5. Conclusiones y líneas de trabajo futuro:**

Conclusiones obtenidas del conjunto de los estudios realizados y aspectos a tener en cuenta de cara a futuras mejoras de la línea.

# Capítulo 2

## Mantenimiento Productivo Total (TPM)

### 2.1 Mantenimiento Productivo Total

Metodología que implica a todo el personal, en busca de la eliminación de las causas de pérdida de producción en las máquinas, y por tanto aumentar su fiabilidad y disponibilidad y contribuir a la mejora del flujo y la productividad.

- **Mantenimiento**, del buen estado de las instalaciones.
- **Productivo**, orientado a mejorar la eficacia de las acciones de mantenimiento y mejora permanente.
- **Total**, dirigido a todo el personal de la instalación.

Su objetivo es aumentar la fiabilidad y disponibilidad de las instalaciones. Existen dos tipos:

- **CORRECTIVO**: eliminar las averías y las microparadas.
- **PREVENTIVO**: mantener el estado óptimo de las máquinas y prevenir las anomalías.

### - **RELACIÓN CON “JUST IN TIME”**

**JUST IN TIME** → Eliminar despilfarro. El TPM colabora en la eliminación del despilfarro.

Consigue reducir el tiempo de apertura (sábados, domingos, horas extra), permite tener mayor capacidad de producción, reduce los costes de mantenimiento por un mejor aprovechamiento de la habilidad del operario, reduce la chatarra y el retrabajo, aumenta la vida de la máquina y reduce las inversiones.

Se consigue una mejora del flujo y de la productividad, ya que se reduce stock mediante la eliminación de los factores anti flujo, se reduce la variabilidad del tiempo de funcionamiento, se incrementa el número de piezas buenas producidas por unidad de tiempo, se optimiza el funcionamiento de la máquina desde el primer momento y la concepción de los productos, procesos y equipos es más efectivo (real) debido a la experiencia.

### - **RELACIÓN CON AUTOCALIDAD**

El TPM ayuda a reducir las causas de la variabilidad debidas a la máquina y por tanto aumenta el control del proceso:

Mantiene la máquina en un estado óptimo de funcionamiento (mejora de la capacidad), los productos se mantienen conforme a especificaciones nominales (reducción de chatarra y retrabajo), se detectan mejor los errores por los operarios (mejor reacción), todo el mundo conoce mejor los parámetros importantes de la máquina y por tanto puede usarla y mantenerla con mayor rendimiento, ayuda en la identificación de las causas de los riesgos de calidad y se consigue una mayor fiabilidad de los sistemas antierror.

### - **RELACIÓN CON EL KAIZEN (Mejora continua)**

El TPM se basa en la participación cada vez mayor del personal de producción en tareas de mantenimiento y la mejora de la capacidad de los equipos.

Se apoya en la observación de los hechos reales, y la puesta en marcha consiste en la búsqueda de causas y puesta en marcha de soluciones, realizando una verdadera transferencia de competencias hacia el personal de producción.

Uno de los principales objetivos de la aplicación TPM es que la producción (incluidos los operarios) sean autónomos en materia de mantenimiento y responsables de la capacidad de sus equipos.

### - FUENTES DE PÉRDIDAS:

- 1.- Baja carga.
- 2.- Paradas programadas.
- 3.- Disfuncionamientos debidos a la organización.
- 4.- Cambios de serie y ajustes.
- 5.- Averías.
- 6.- Microparadas y Ralentizaciones.
- 7.- No calidad.

La acción del TPM se centra sobre todo en las fuentes de perdida 5 y 6, principalmente averías y microparadas.

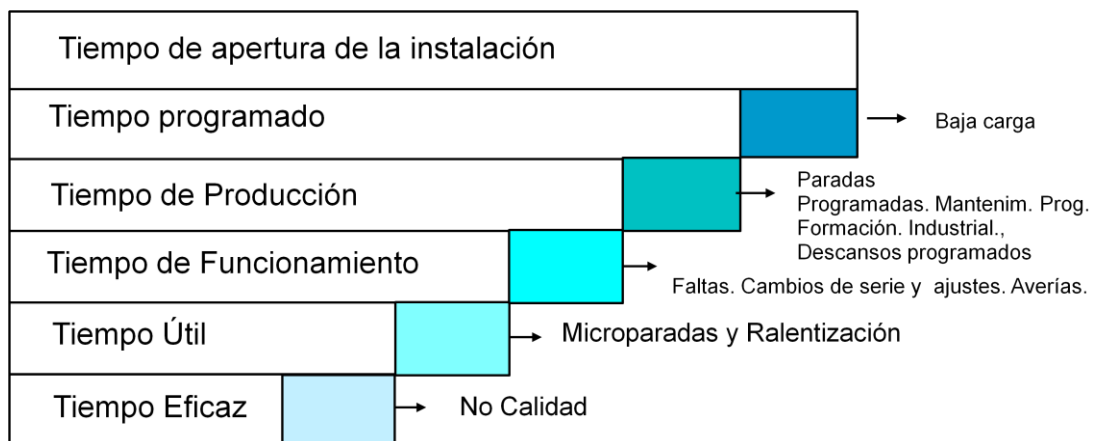
### - AVERÍAS

Se trata de paradas mayores o iguales a 5 minutos, son poco numerosas, son percibidas por todo el equipo de trabajo, requieren la intervención de un experto, búsqueda de causas necesaria después de la puesta en marcha.

### - MICROPARADAS

Se trata de paradas menores de 5 minutos, numerosas, no identificadas, con percepción débil o inexistente por el equipo de trabajo, se consigue una puesta en marcha fácil sin eliminación de la causa (supresión del efecto), las causas origen no son identificadas, y por tanto se tiene poca motivación para suprimirlas debido al poco impacto percibido sobre la producción, movilizan de manera importante a los operarios y jefes de línea de instalaciones automáticas en tareas sin Valor Añadido.

### - TIEMPOS DE UNA INSTALACIÓN



*Figura 4: Tiempos de una instalación*

- **INDICADOR GLOBAL: TRS (DISPONIBILIDAD)**

**TRS (Tasa de Rendimiento Sintético):** mide el grado en que se aprovecha la capacidad de producción de la planta.

$$\text{TRS} = \frac{\text{Tiempo Eficaz}}{\text{Tiempo de Apertura de la Instalación}}$$

$$\text{TRS} = \frac{\text{Nº de piezas buenas fabricadas} \times \text{Tiempo de ciclo}}{\text{Tiempo de Apertura de la Instalación}}$$

Tiempo de ciclo = Rferencia Inicial + Mejoras

Referecia inicial = Tiempo estándar mínimo.

- **INDICADOR PARCIAL: EFICIENCIA**

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{Tiempo Eficaz}}{\text{Tiempo de Producción}}$$

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{Nº de piezas buenas fabricadas} \times \text{Tiempo de ciclo}}{\text{Tiempo de Producción}}$$

Tiempo de ciclo = Rferencia Inicial + Mejoras

Referecia inicial = Tiempo estándar mínimo.

- **INDICADOR PARCIAL: TRP (DISPONIBILIDAD)**

**TRP (Tasa de Rendimiento Productivo):** mide la eficiencia de la planta en el uso de las capacidades cuando hay una producción programada.

$$TRP = \frac{\text{Tiempo Eficaz}}{\text{Tiempo Programado}}$$

$$TRP = \frac{\text{Nº de piezas buenas fabricadas} \times \text{Tiempo de ciclo}}{\text{Tiempo Programado}}$$

Tiempo de ciclo = Rferencia Inicial + Mejoras

Referecia inicial = Tiempo estándar mínimo.

#### - INDICADOR DE FIABILIDAD: MTBF

**MTBF: Media de Tiempo de Buen Funcionamiento**, o lo que es lo mismo, tiempo medio entre averías y/o microparadas.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{\text{Nº de paradas no progr.}}$$

Duración media en minutos durante los cuales la máquina o instalación ha funcionado sin ninguna parada no programada.

Parada no programada: parada cuya causa es debida a la máquina (medio) al utillaje o la gama de fabricación.

Paradas no programadas:

- Averías y microparadas debidas a la máquina.
- Avería debidas a los utillajes.
- Averías debidas al producto.
- Paradas por cambio de utillaje (por rotura).
- Paradas por reglajes frecuentes (ajustes).
- Paradas por controles (SPC)
- Paradas por Mantenimiento.

Las paradas por cambio de serie no se toman en cuenta.

Los datos de partida se recogen a partir de hechos reales ocurridos sobre terreno. Los hechos reales son observables por todo el personal de la línea, en primer lugar por los operarios. La observación debe estructurarse mediante la aplicación de reglas y la utilización de formularios adaptados como la Tabla de Funcionamiento TPM. A partir de

esta observación, se deberá generar la puesta en marcha de mejoras en un plazo corto (con la finalidad de asegurar la credibilidad y la continuidad)

## 2.2 Eliminación de Averías

### - CARACTERIZACIÓN

Se trata de paradas mayores o iguales a 5 minutos, son poco numerosas, son percibidas por todo el equipo de trabajo, requieren la intervención de un experto, búsqueda de causas necesaria después de la puesta en marcha.

### - REUNIÓN SEMANAL

Par la eliminación de averías se requiere la realización de una reunión semanal donde analizar las averías ocurridas en la semana anterior. Son necesarios los siguientes participantes: supervisor, team leader, operarios, una persona de ingeniería y una persona de mantenimiento. El objetivo es analizar y tomar medidas definitivas para evitar la reaparición de las averías más importantes ocurridas la semana anterior (mayor tiempo). Para ello se requiere:

- Repasar las acciones en curso para la eliminación de averías tratadas.
- Análisis del Pareto de Averías semanal.
- Elección de la(s) avería(s) a tratar en prioridad.
- Examinar las causas. Brainstorming- Diagrama 6M.
- Determinación de acciones a poner en marcha (PDCA)

## 2.3 Eliminación de Microparadas

### - CARACTERIZACIÓN

Se trata de paradas menores de 5 minutos, numerosas, no identificadas, con percepción débil o inexistente por el equipo de trabajo, se consigue una puesta en marcha fácil sin eliminación de la causa (supresión del efecto), las causas origen no son identificadas, y por tanto se tiene poca motivación para suprimirlas debido al poco impacto percibido sobre la producción, movilizan de manera importante a los operarios y jefes de línea de instalaciones automáticas en tareas sin Valor Añadido.

- **RESPONSABILIDAD DEL OPERARIO**

El operario tendrá que realizar la toma de datos en la Tabla de Funcionamiento TPM y eventualmente el Control de Microparadas, deberá participar en las reuniones semanales, especialmente en la búsqueda de causas de averías y microparadas (Brainstorming, diagrama Causa-Efecto 6 M.), participar en la búsqueda de soluciones y en la elaboración o modificación de las gamas de mantenimiento preventivo y realizar las acciones de Automantenimiento (Gama de Mantenimiento 1er nivel).

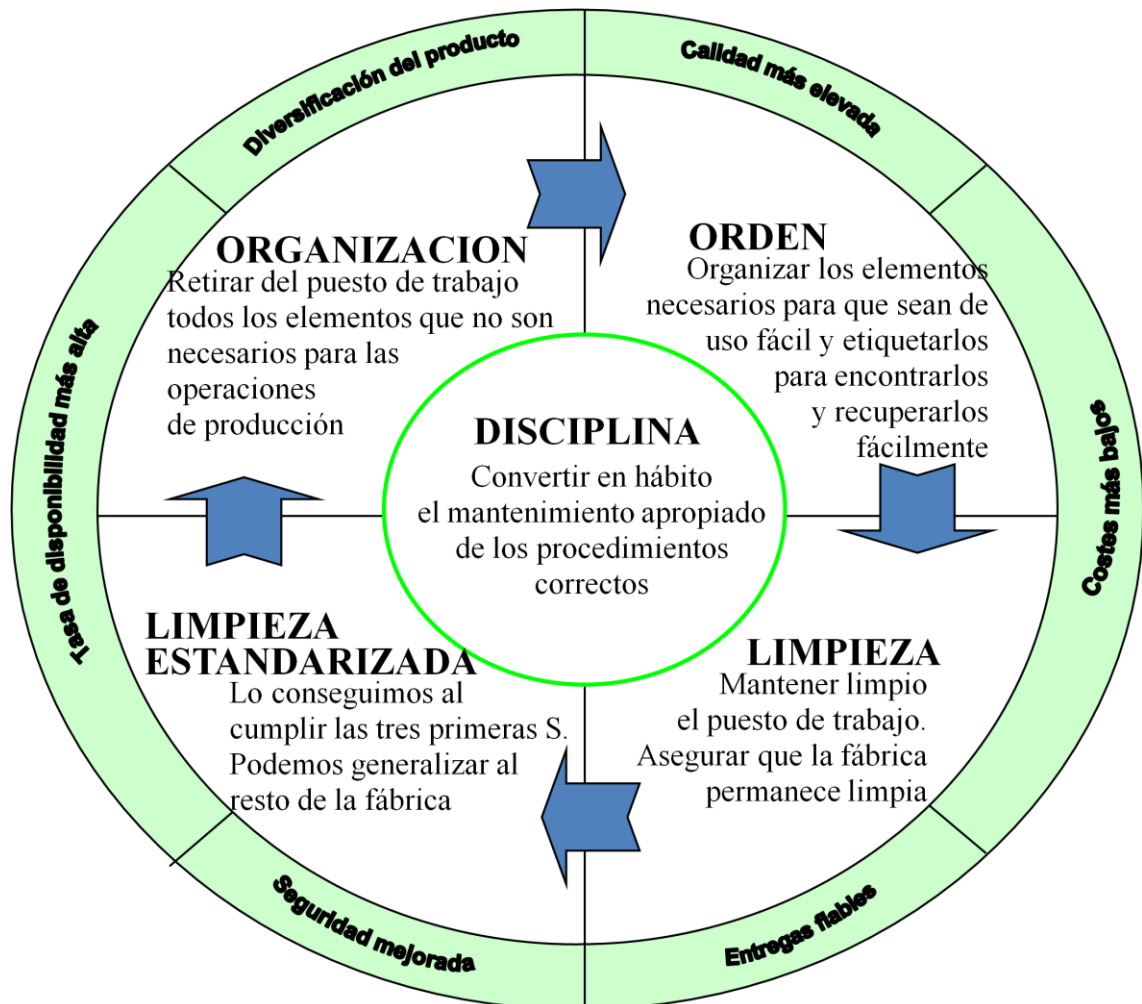
- **FORMACIÓN DE LOS OPERARIOS**

Para ello habrá que formar al operario en la elaboración de un Diagrama Causa-Efecto 6 M, para diagnosticar causas de microparadas, en la búsqueda de acciones (soluciones) y en la creación o modificación de las Gamas de Mantenimiento Preventivo.

Estos conocimientos adquiridos, le permitirán poder construir un Diagrama Causa - Efecto, aplicar la metodología de búsqueda de causas, conocimiento de los factores que conducen al buen funcionamiento de su máquina, aplicar la metodología de diagnóstico de un disfuncionamiento, conocimiento de su máquina, tener conocimientos técnicos y de las necesidades de mantenimiento de sus equipos.

## **2.4 TPM y las 5S**





*Figura 5: TPM y las 5S*

#### - RELACIÓN ENTRE EL TPM Y 5S

Los principales objetivos de las 5S son los siguientes mejorar el rendimiento de la máquina eliminando pérdidas, construir un sistema visual de control instantáneo para la aplicación de procedimientos de trabajo y descubrir las anomalías de la instalación, sobre todo durante las operaciones de limpieza.

Estos objetivos ayudan a la reducción de las 7 fuentes de pérdidas.

#### - IMPLICACIÓN DEL PERSONAL

Para implantar el TPM se necesita la colaboración de todo el mundo.

La práctica de las 5S conduce a la participación de todo el mundo, el EAP para la preparación y la aplicación de los estándares, la Dirección por su papel ejemplar (5S, etc.) y la función soporte por su respeto al realizar su trabajo diario.

- **TPM Y LAS 5S**

La limpieza, un elemento de las 5S, es la herramienta más importante del TPM porque limpiar es una forma de inspección para identificar o avisar del comienzo de un defecto. Para limpiar adecuadamente, primero hay que eliminar y ordenar.

- **METODOLOGÍA EN 3 FASES**

- 1.- Limpiar todo y tratar las principales fuentes de contaminación.
- 2.- Limpiar las máquinas o estaciones seleccionadas.
- 3.- Limpiar las máquinas o estaciones seleccionadas. Identificar y corregir la causa de la suciedad. Eliminar los defectos visibles de los equipos

## 2.5 Plan de Mantenimiento Preventivo

- **TPM CORRECTIVO Y PREVENTIVO**

CORRECTIVO:

Se basara en la eliminación de averías y de microparadas.

PREVENTIVO:

Mediante el mantenimiento preventivo, la limpieza e inspección

- **DOS FORMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

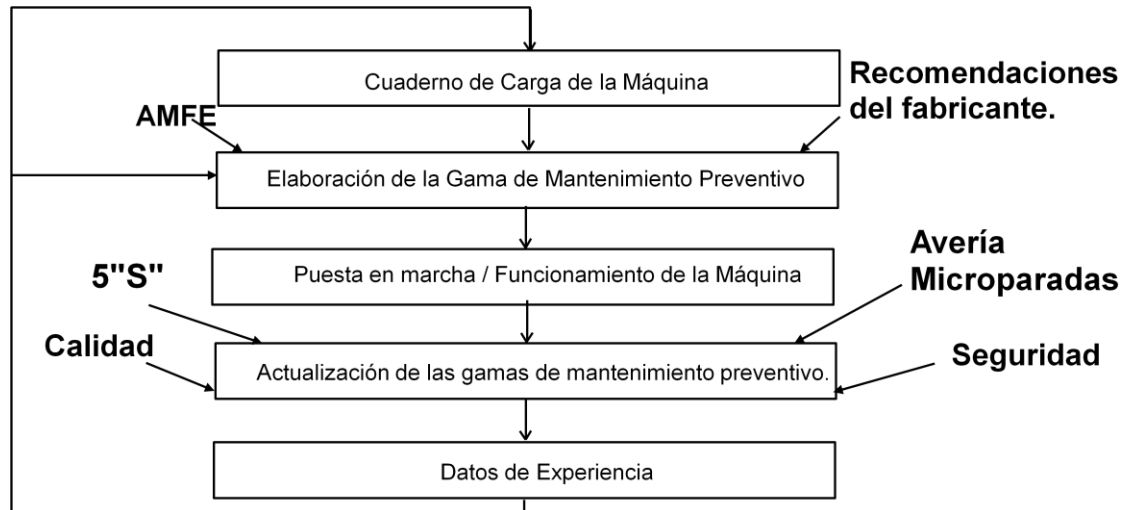
- Previsto desde el diseño y puesta en marcha de la máquina.
- Creado a partir de la observación de situaciones reales ocurridas en la instalación.

- **GAMAS DE MANTENIMIENTO**

Inicialmente, las gamas de mantenimiento son establecidas por el constructor de la máquina, pero no toman en cuenta las situaciones específicas de uso y funcionamiento, y los datos reales tomados en la línea.

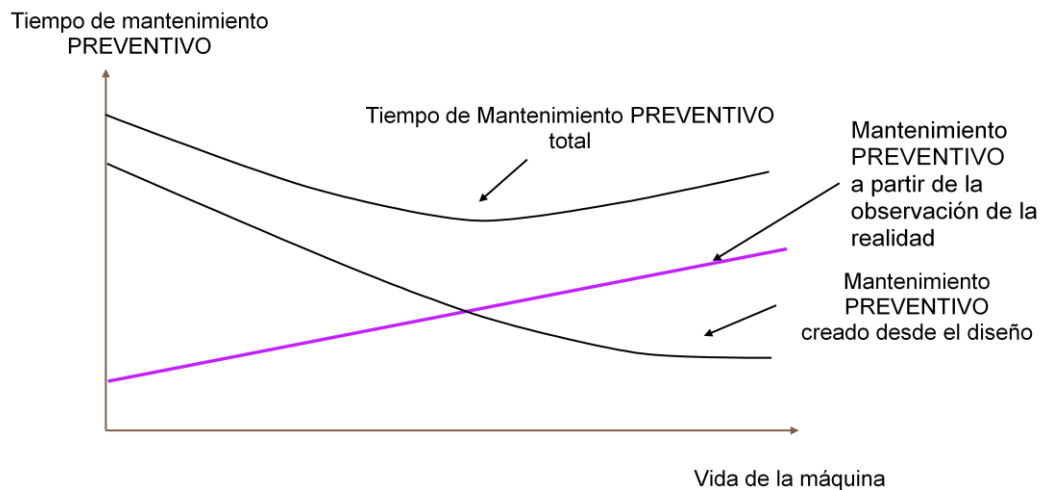
La puesta en marcha del TPM permitirá estructurar la observación (anotar sucesos reales en la Tabla de Funcionamiento TPM y organizar los datos), adaptar las gamas de mantenimiento a partir de la observación de la realidad y formar a los operarios a partir de las nuevas gamas de mantenimiento.

## - ELABORACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO



*Figura 6: Elaboración del Mantenimiento Preventivo*

## - TIEMPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



*Figura 7: Tiempos de Mantenimiento Preventivo*

## - MODOS DE REALIZACIÓN

- AUTOMANTENIMIENTO: las tareas más frecuentes
- MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO POR UN ESPECIALISTA: las tareas más complejas.

## - NIVELES DE MANTENIMIENTO

- NIVEL 1 (Automantenimiento):

Es el que se realiza sin desmontar, sin herramientas y sin piezas de repuesto.

- NIVEL 2 (Automantenimiento):

Supone desmontaje sencillo, con herramientas y piezas de repuesto en la estación de trabajo.

- NIVEL 3

También supone desmontaje sencillo, pero con herramientas específicas y las piezas en el almacén.

- NIVEL 4

Supone un desmontaje complejo, con juego de herramientas completo y realizando la reparación de forma subcontratada.

- NIVEL 5

Supone una renovación o modificación importante realizada por el constructor de la máquina.

### - **OBJETIVOS TPM EVIDENTE**

- Mejorar la calidad del mantenimiento.
- Hacer el mantenimiento preventivo accesible a todos.
- Simplificar las gamas de mantenimiento preventivo.
- Reducir el tiempo necesario para el mantenimiento preventivo, haciéndolo más efectivo.
- Formar rápidamente a los nuevos operarios.
- Visualizar las anomalías de las máquinas.

### - **COMO REALIZAR TPM EVIDENTE**

- Inventariar las operaciones de mantenimiento preventivo regulares.
- Buscar medios visuales para describir toda o en parte la operación a realizar sobre la máquina.
- Inscribir visualmente sobre la máquina el camino a seguir.
- Aplicar las 5"S o herramientas utilizadas.
- Presentar las condiciones de funcionamiento normal.
- Desplazar los indicadores al exterior de la máquina.
- Reemplazar las cubiertas opacas por transparentes.

- **EJEMPLOS TPM EVIDENTE**

- Marcaje de los niveles min. y máx.
- Marcaje para localizar la posición de parada de una parte móvil de una máquina.
- Manómetros de presión con zonas rojas.
- Tornillos importantes llevan una marca que indica su correcto apriete
- Puntos de engrase indicados con flechas, visualizados con un color y una numeración.
- Nombre de los productos indicados sobre los embases (bidón de aceite, bomba de grasa...)

## **2.6 Funciones de los participantes en TPM**

- **FUNCIONES PREVENTIVAS DE LOS OPERARIOS**

- Realizar correctamente las operaciones de producción y ajuste de las máquinas.
- Inspeccionar periódicamente las máquinas.
- Mantener las condiciones de partida
- Limpieza.
- Engrasado.
- Ajuste.
- Colaborar con el servicio de mantenimiento.
- Participar en el diseño y recepción de nuevos equipos.

- **FUNCIONES CORRECTIVAS DE LOS OPERARIOS**

- Preparar las condiciones de reparación.
- Aportar sus conocimientos de la máquina y de las condiciones de funcionamiento durante el tratamiento de averías y microparadas.
- Ayudar eventualmente a los técnicos de mantenimiento.
- Participar en las reuniones semanales para el análisis de averías y microparadas.

- **FUNCIONES PREVENTIVAS DEL DPTO. DE MANTENIMIENTO**

- Formar y ayudar a los operarios de instalaciones.
- Buscar la fiabilidad de los equipos, mejorar sus puntos débiles y estandarizar a equipos idénticos.

- Mejorar el mantenimiento.
- Realizar trabajos de inspección periódica.
- Mejorar permanentemente las técnicas de mantenimiento.
- Participar en el diseño de nuevos equipos.

- **FUNCIONES CORRECTIVAS DEL DPTO. DE MANTENIMIENTO**

- Trabajar con los operarios de producción durante las reparaciones de averías.
- Tener en cuenta el histórico de averías y documentarlo.
- Reparar las máquinas averiadas.
- Diagnosticar las causas de averías y microparadas.
- Definir el modo de diagnóstico de causas de microparadas.
- Definir y poner en marcha soluciones para evitar la recurrencia de averías.
- Participar en las reuniones semanales para el análisis de averías y microparadas.

- **FORMACIÓN DE LOS OPERARIOS**

- Participación en las reuniones semanales:
  - Diagrama causa-efecto 6M.
  - Metodología de búsqueda de causas.
  - Conocimiento del estado de buen funcionamiento de la máquina.
  - Redacción de las gamas de automantenimiento.
- Diagnóstico de las causas de una microparada.
- Metodología de diagnóstico de una avería - microparada.
- Aplicación de las gamas de automantenimiento.
  - Conocimiento del mecanismo y componentes de una máquina.
  - Conocimiento de los puntos débiles que puedan originar una parada.

- **MISIÓN DEL LIDER**

- Dirigir un equipo multifuncional.
- Asegurar la concordancia entre la metodología y la práctica del grupo.
- Mejorar la eficiencia del grupo y promover la metodología TPM.

- **RESPONSABILIDADES DEL LIDER**

- 1.- Conducir las reuniones según la metodología TPM.
- 2.- Convencer a la planta de los beneficios y conseguir los medios necesarios.
- 3.- Dirigir el equipo.
- 4.- Asegurar la correcta aplicación de la metodología de acuerdo con un calendario.
- 5.- Hacer informes.

6.- Organizar reuniones de seguimiento de progreso con el director de planta.

## 2.7 Recomendaciones para diseño

### - OBJETIVOS

Diseñar equipos con un elevado nivel de fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y seguridad, con un mínimo de operaciones de mantenimiento y reducir la duración entre la concepción del equipo y su buen funcionamiento.

### - DEPARTAMENTOS AFECTADOS

- 1.- Ingeniería Industrial.
- 2.- Constructor del equipo.
- 3.- El solicitante del equipo.
- 4.- Producción.
- 5.- Mantenimiento.

### - CONDICIONES PARA LA EFICACIA

Usar la información del TPM de equipos de la misma familia, validar el nuevo equipo con las especificaciones y usar la información del TPM de los proyectos P1.

La calidad y cantidad de la información técnica disponible para los diseñadores:

- Indicadores (TRS, pérdidas de producción, MTBF...)
- Historial registrado de producción y mantenimiento (averías, anomalías...)
- Mejoras implementadas en los equipos actuales.
- Planes de mantenimiento (gamas, frecuencia...)
- Gestión de piezas de repuesto.
- Tiempo establecido de piezas de repuesto.
- Facilidad de uso, ergonomía del panel de control.

### - FICHEROS ESTANDARIZADOS

- Historial de averías.
- Historial de microparadas.
- Cambios realizados para mejorar:
  - Mantenibilidad.
  - Seguridad.

- Calidad.
- Limpieza e inspección.
- Ergonomía del equipo.
- Mantenimiento preventivo.
- Hoja de recogida de datos de producción.
- Hoja resumen de TRS y Pérdidas de Producción.

### - **DIFICULTADES**

El uso de información sobre la fiabilidad y mantenibilidad de una máquina antigua, la gran cantidad de información TPM recogida en numerosos archivos, la transmisión de la información o que el piloto del proyecto no está formado en la nueva metodología.

### - **RECOMENDACIONES**

- Estandarización de los formatos:
  - Documentos con la misma forma y estructura.
  - Estructura estandarizada actualizada y mejorada.
- Estandarización de las piezas de repuesto:
  - Disponibilidad y acceso a la pieza.
  - Facilidad de desmontar y montar.
  - Estandarización de las herramientas.



# Capítulo 3

## Descripción de la línea actual

### 3.1 Introducción

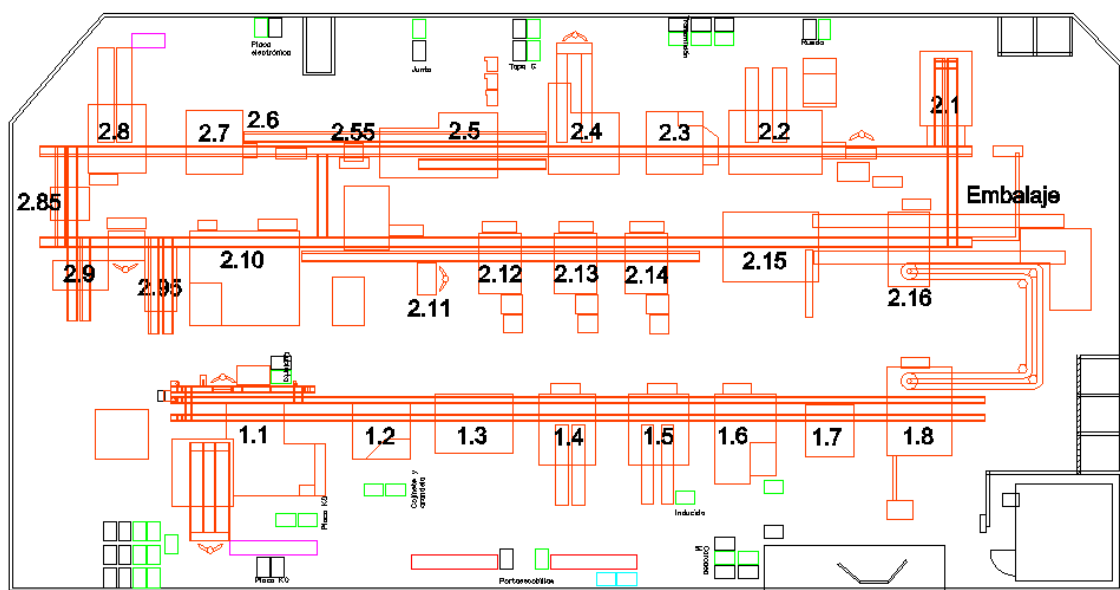
Esta línea de producción sobre la que se va a realizar el análisis, está destinada al ensamble de motores para limpiaparabrisas traseros de todo tipo de vehículos. Se trata de una línea completamente automatizada, los operarios que trabajan en ella se limitan a alimentar de componentes los puestos de trabajo que lo requieren y a subsanar posibles paradas en estos; Las paradas pueden ser producidas por diversos motivos, como atrancos en los carriles de alimentación de componentes o cintas de transporte, o cualquier error que paralice un puesto, que el propio display del PLC (Controlador Lógico Programable o autómatas programables) de cada uno nos indicará en cada momento.

Además, se realizan una serie de controles de parámetros, requisitos que se han establecido con el cliente, o incluso que son necesarios para el correcto funcionamiento del motor, como pueden ser el control de las soldaduras realizadas en la placa electrónica, mediante cámaras que se monitorizan en algún punto de control, o el control de ruido que produce el motor, realizado por un operario en una cabina insonorizada; aspecto muy importante ya que es un elemento que se encuentra dentro del habitáculo del vehículo en la mayoría de los casos.

Esta línea está preparada para realizar numerosos códigos de motores diferentes, que se encuentran agrupados en familias, en función de los componentes que llevan y la similitud que existe entre ellos. Para pasar de una referencia a otra dentro de la misma familia, no suele ser necesario cambiar nada, a veces algún pequeño utillaje de adaptación en algún puesto, pero no es lo normal. Para pasar de una familia a otra, si que es necesario cambiar más utillajes en unos cuantos puestos, como casquillos de inserción de componentes, en función de la altura de la torreta, algunos apoyos o pinzas de amarre, etc.... También en función del código de motor que se vaya a producir, suele ser necesario anular algún puesto o subpuesto que no necesita trabajar para esa familia. En cualquier caso, el cambio de referencia para esta línea está bastante optimizado y se produce de una manera bastante rápida y eficaz, además de que se intentan agrupar producciones de códigos de la misma familia para que no haya que realizar demasiados cambios.

La línea, se divide en dos circuitos conectados por un bypass, que no es más que una cinta de transporte que une ambos circuitos; el primer circuito consta de 8 puestos y el segundo de 19 más la cabina de ruido. A través de la línea, los motores avanzan por unas cintas de transporte, colocados sobre unos platos, en la posición que más propicia sea para que se pueda trabajar sobre ellos en cada puesto. Hay tres tipos de platos, los que circulan por el circuito 1, los que circulan por el circuito 2 y los que se encargan de pasar los motores del circuito 1 al 2 por el bypass, que son unos platos más pequeños.

En la siguiente imagen se observan ambos circuitos conectados por el bypass y enlazados a través del puesto 2.16:



*Figura 8: Numeración de puestos de la línea de producción*

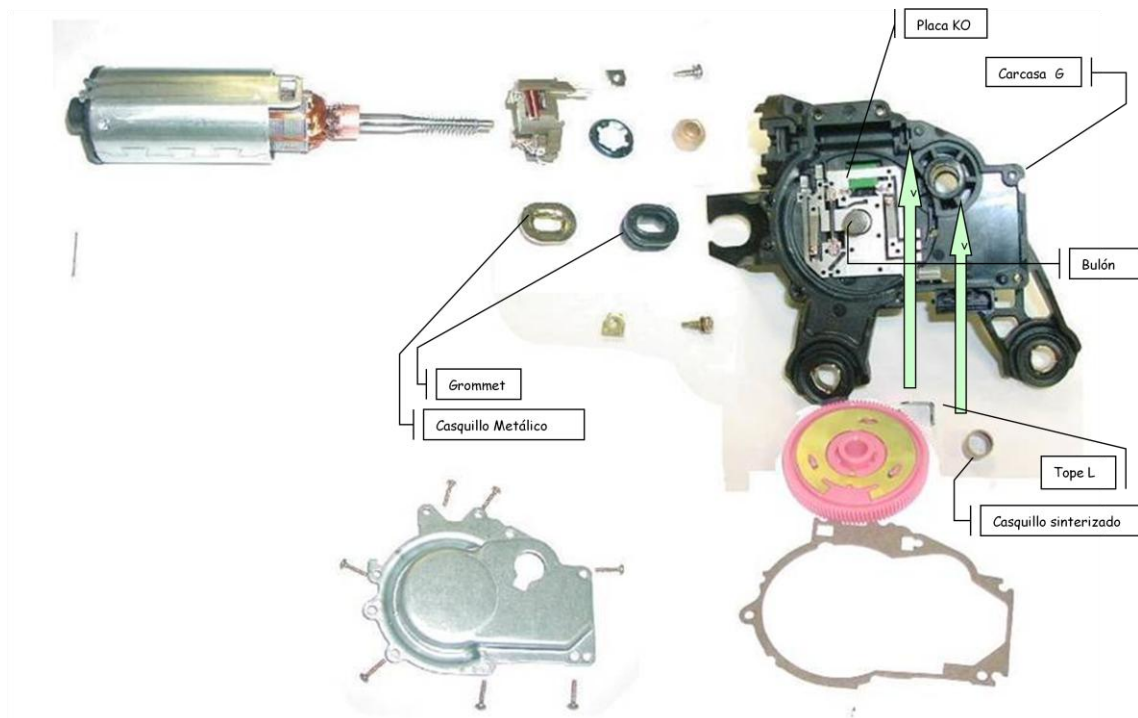
## 3.2 Descripción general de la línea

A continuación se detallan cada uno de los puestos, con las operaciones que se realizan en cada uno de ellos y observando la evolución que va teniendo el producto hasta llegar a formar el motor final:

- **Puesto 1.1:**

En este puesto se ensamblan la carcasa G (que ya viene con sus grommets y casquillos metálicos colocados, además del bulón central de la misma) y la placa KO.

También se introducen el casquillo sinterizado y el tope L, se aceita la torreta y se realiza el corte de las diferentes pistas de la placa KO, embutiendo con unos punzones sobre el conjunto; en función del modelo de motor, se realizarán más o menos cortes para conseguir dejar separadas todas las pistas que incluye.



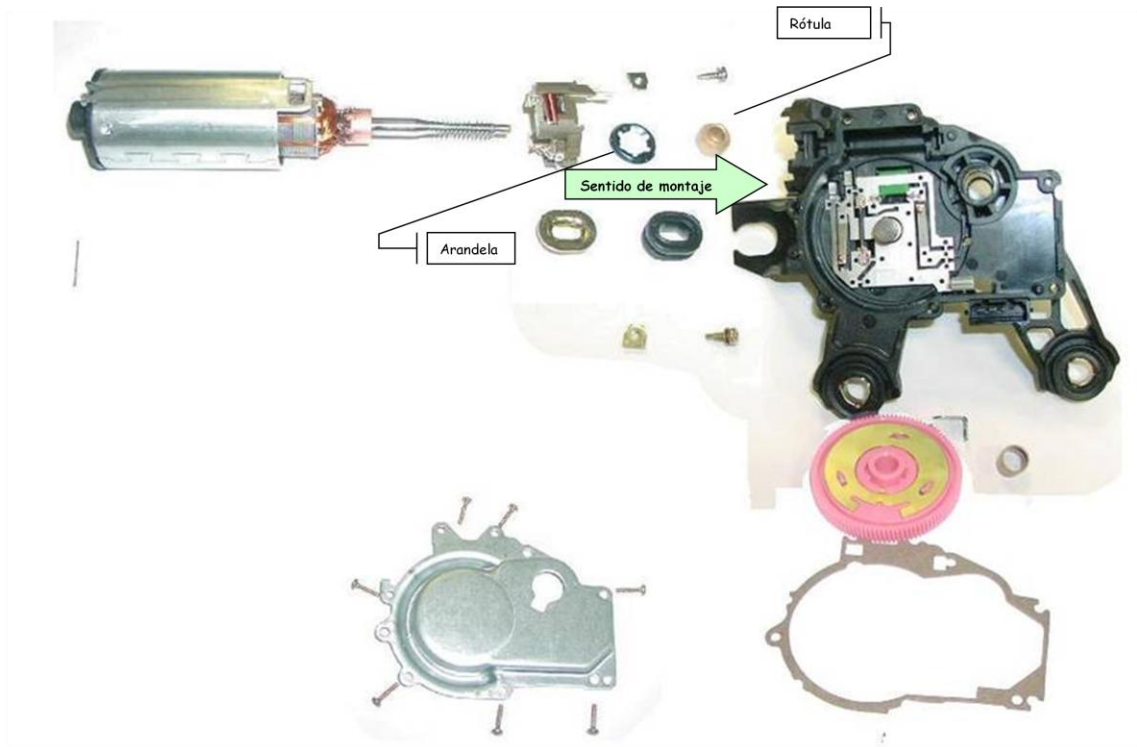
*Figura 9: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.1*

- **Puesto 1.2:**

Aquí se insertan la rótula y una arandela de retención, que evita que se salga dicha rótula.

### 3.2 DESCRIPCIÓN general de la línea

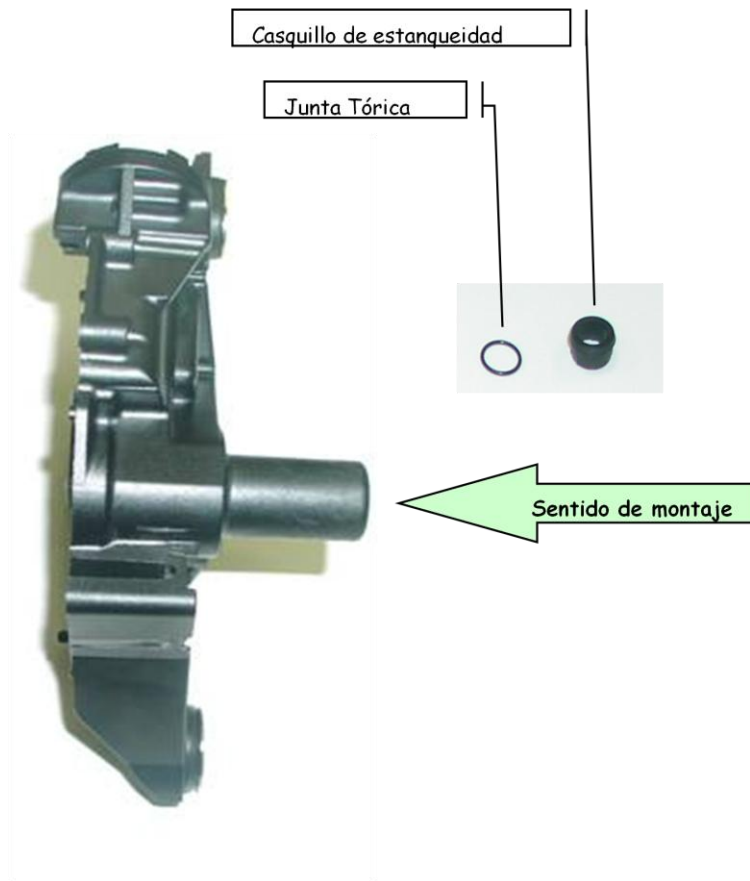
También se le realiza un control de fuerza a la rótula para comprobar que cumple los requisitos y no va a dar ningún tipo de problema.



*Figura 10: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.2*

- **Puesto 1.3:**

En este tercer puesto se ensamblan una junta tórica y un casquillo de plástico/goma para la estanqueidad. Posteriormente se engrasa el casquillo.

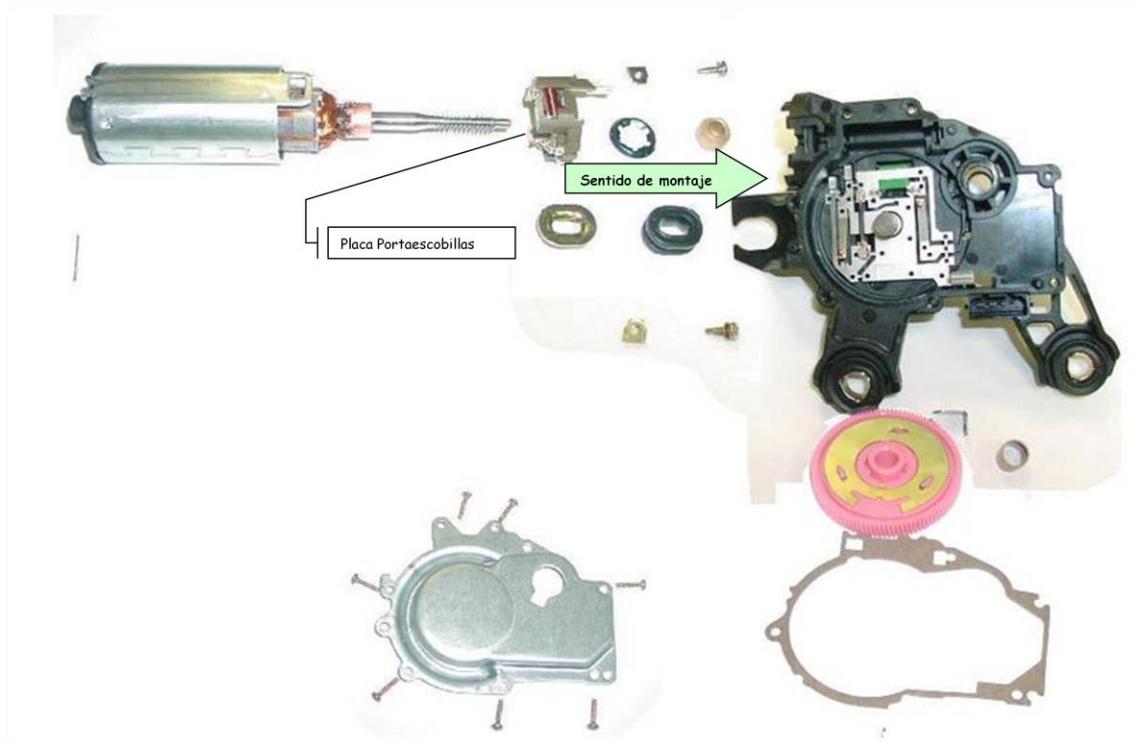


*Figura 11: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.3*

- **Puesto 1.4:**

Se produce el ensamble de la placa portaescobillas, que servirá para unir eléctricamente la placa KO con el inducido y la carcasa Motor que se colocarán a continuación.

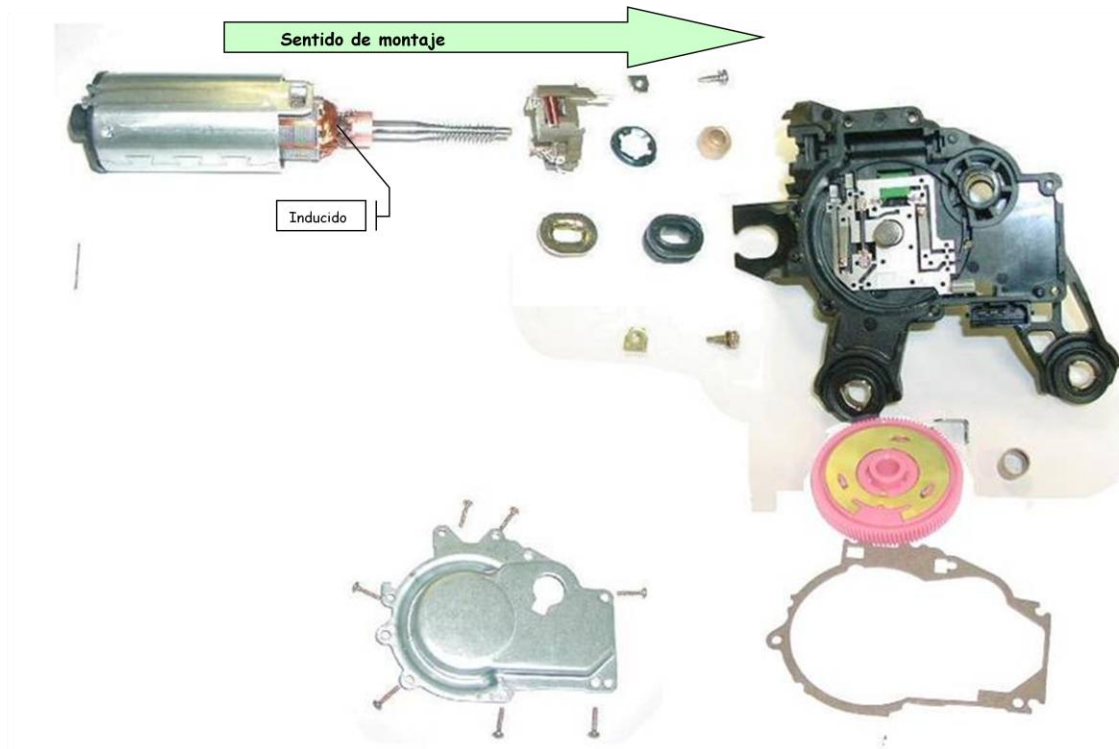
El operario que se encuentra en el puesto 2.4 alimentando de componentes la estación, ve a través de una cámara como ha quedado situada la placa portaescobillas sobre el motor y es el encargado de dar el visto bueno mediante un pulsador para que el plato siga su curso por la cinta de transporte hasta el siguiente puesto.



*Figura 12: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.4*

- **Puesto 1.5:**

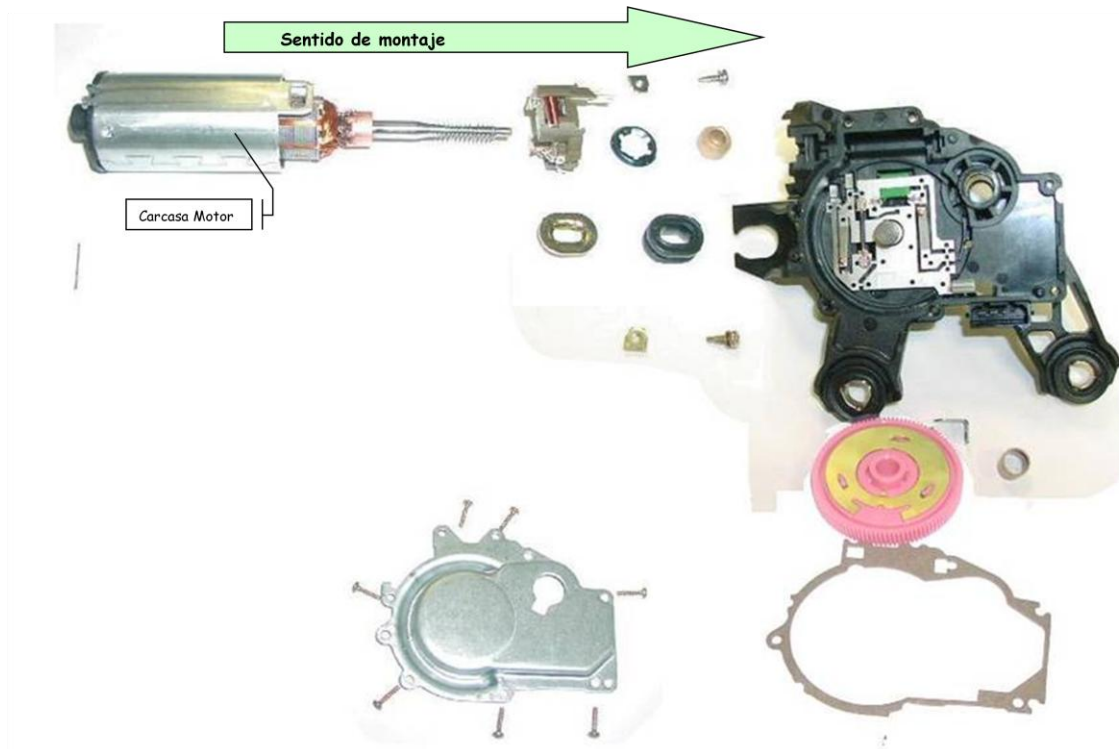
En este, se realiza el aceitado y enderezado de la rótula que se coloca en la carcasa G para posteriormente montar el inducido sobre la placa portaescobillas. Este inducido o rotor está formado por un eje que soporta un juego de bobinas arrolladas sobre un núcleo magnético. Gira dentro de un campo magnético, creado por los imanes que contiene la carcasa Motor, a las revoluciones que se le exigen en función de la tensión recibida.



*Figura 13: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.5*

- **Puesto 1.6:**

En este puesto se realiza el aceitado de la otra rótula sobre la que gira el inducido, que se encuentra dentro de la carcasa Motor, para posteriormente ensamblar esta carcasa cubriendo el rotor y realizar el volteo del motor dejándolo preparado para que en el siguiente puesto se le realicen las operaciones necesarias.



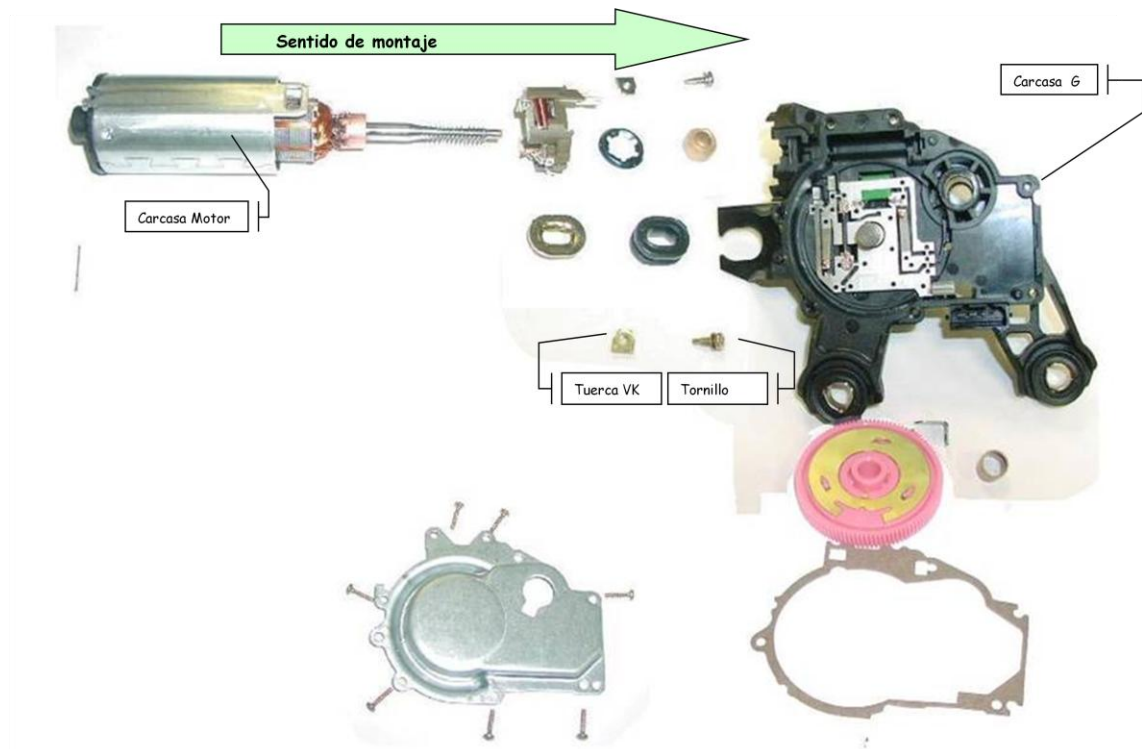
*Figura 14: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.6*

- **Puesto 1.7:**

Ya con el motor volteado, se atornillan ambas carcasas para que queden unidas entre sí, con una tuerca y un tornillo por cada lado de la carcasa Motor y se realiza un control de altura de tornillos, que sirve para detectar cualquier posible problema como que falte el tornillo o no se haya introducido bien.

Además, se hace un control de par para comprobar que ambos tornillos están dentro de las especificaciones de apriete marcadas.





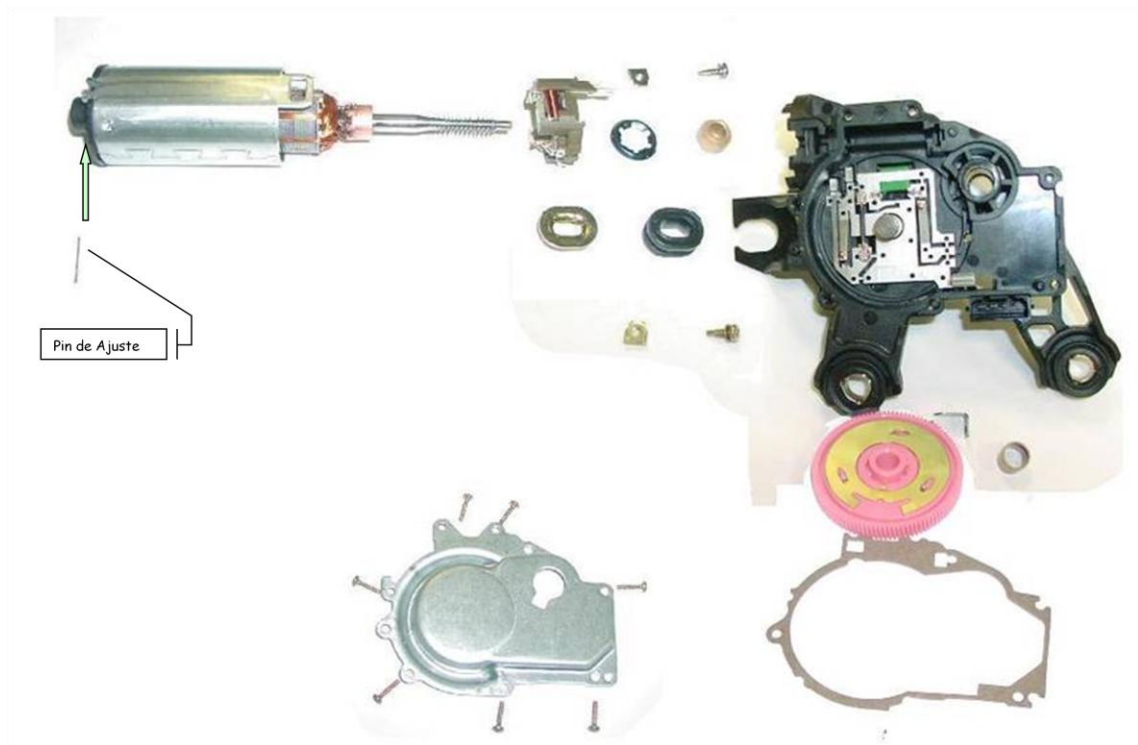
*Figura 15: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.7*

- **Puesto 1.8:**

En este último puesto del circuito 1, se extrae un pequeño pin, que es como un clavo, situado al final de la carcasa Motor, que hace que en su interior se coloque y quede bien ajustado el inducido sobre la rótula.

Además, se realiza el magnetizado de la carcasa M, necesario para que el rotor pueda girar en su interior, una vez que los imanes que contiene queden se hayan magnetizado.

También dentro de este puesto se realiza la descarga del motor sobre unos platos de transporte más pequeños que los utilizados en este circuito 1, que aproximarán los motores hacia el circuito 2 a través de un bypass o cinta de transporte.



*Figura 16: Componentes del motor ensamblados en el puesto 1.8*

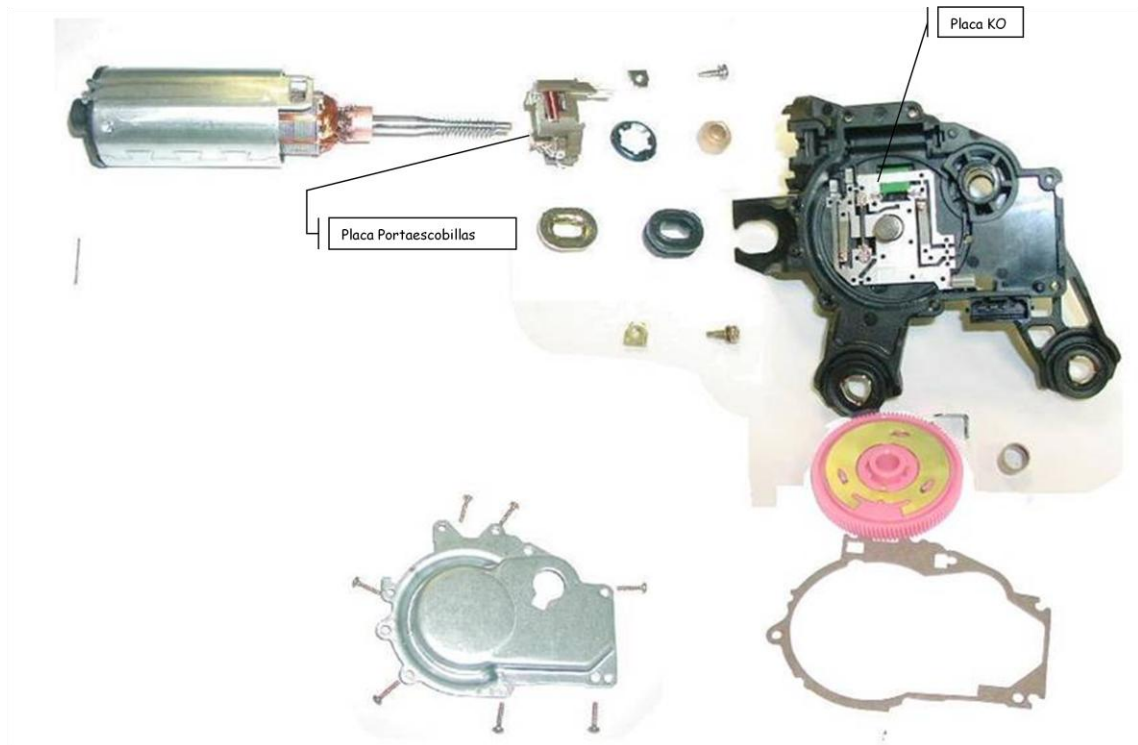
- **Puesto 2.16:**

Una vez visto el funcionamiento y concluido el proceso del motor a lo largo del circuito 1, los platos del bypass llegan primeramente a este último puesto del circuito 2. Es el que se encarga de realizar el transvase entre el bypass que viene del circuito 1 y el circuito 2, mediante un manipulador que pasa los motores de los platos de transporte pequeños a unos más grandes que permiten realizar todas las operaciones necesarias a lo largo del segundo circuito.

- **Puesto 2.1:**

En este primer puesto del circuito 2, se realiza la soldadura de la placa KO con la placa portaescobillas para que exista contacto eléctrico entre ambos elementos (sólo en ciertas familias de motores antiguos).

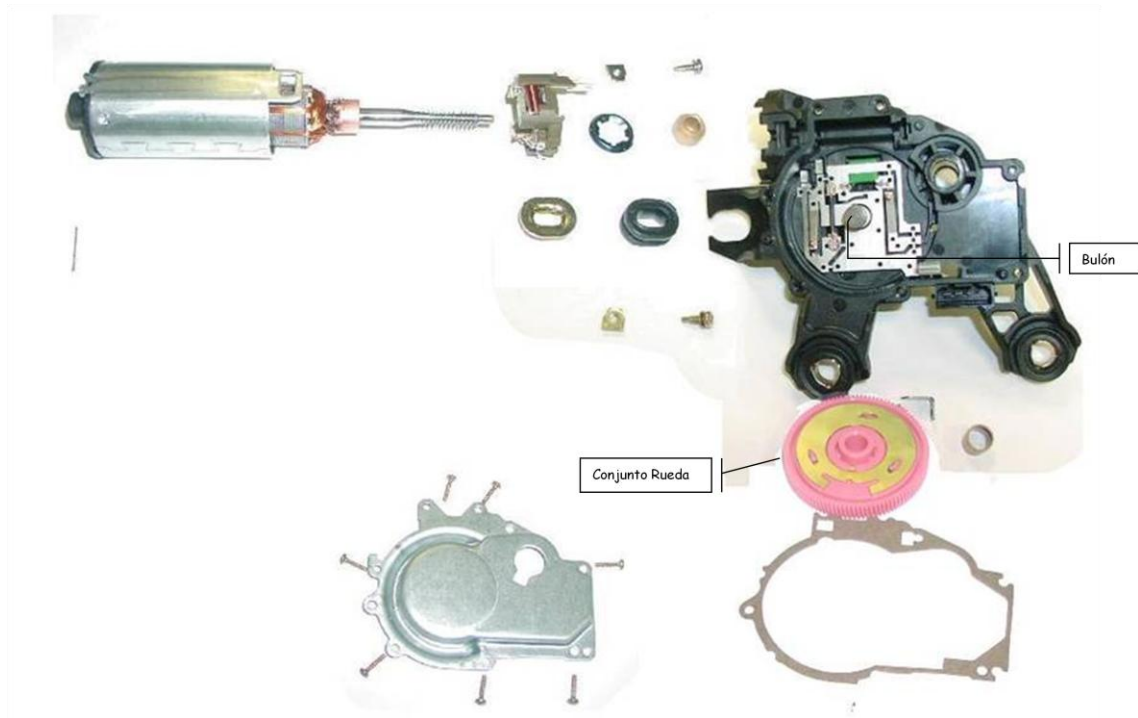
### 3.2 DESCRIPCIÓN general de la línea



*Figura 17: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.1*

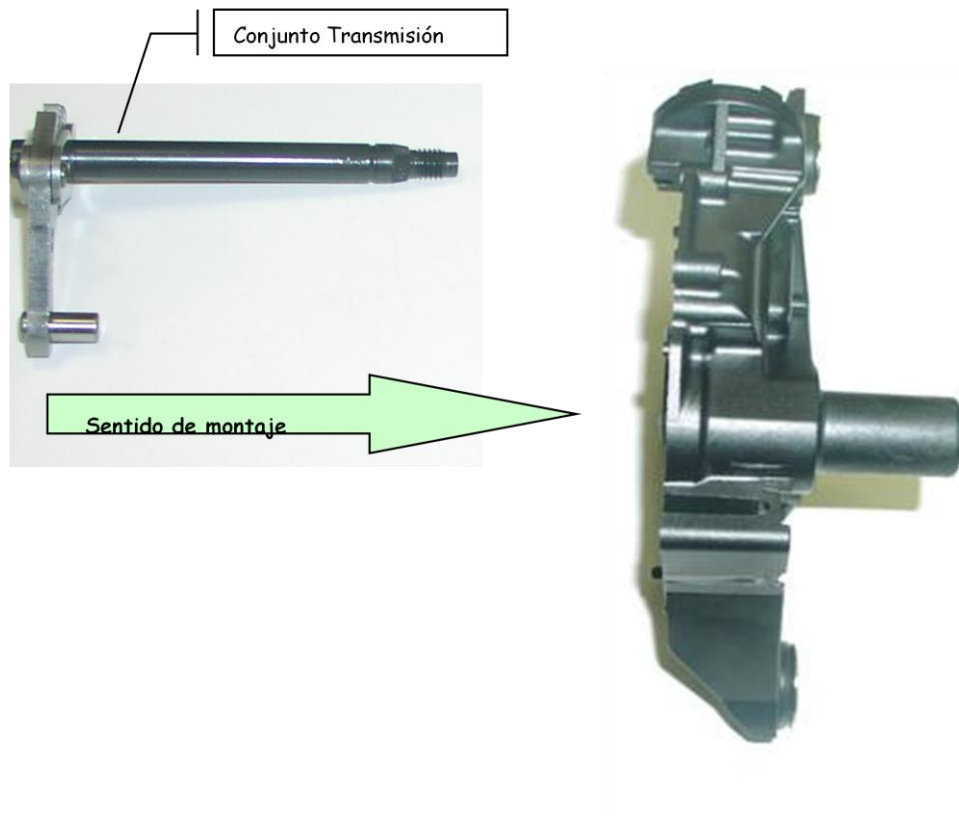
- **Puesto 2.2:**

Primeramente en este puesto, se engrasa el conjunto rueda en un útil diseñado a tal efecto, por el lado que va a ir contra la placa KO y posteriormente se ensambla en el bulón ubicado en la carcasa G, usando este como eje de giro.



*Figura 18: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.2.a*

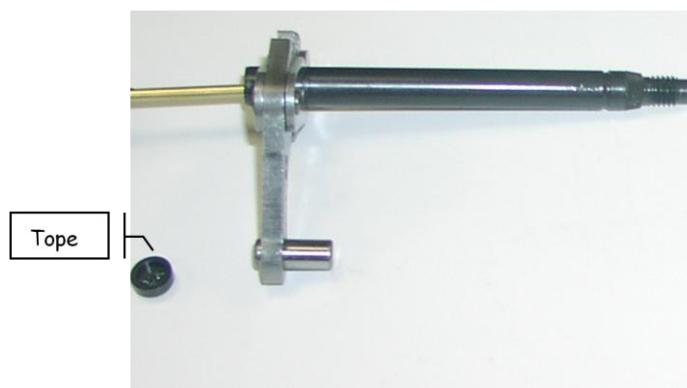
Además, en este mismo puesto, se inserta el conjunto transmisión, que es el que se encarga de convertir el movimiento uniforme circular de la rueda, en el movimiento de vaivén que posteriormente tendrá el brazo del limpiaparabrisas sobre el cristal posterior del vehículo. El diseño de este, es el que marca el ángulo de giro que abarca el limpiaparabrisas, cuando está trabajando de un extremo al otro del cristal.



*Figura 19: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.2.b*

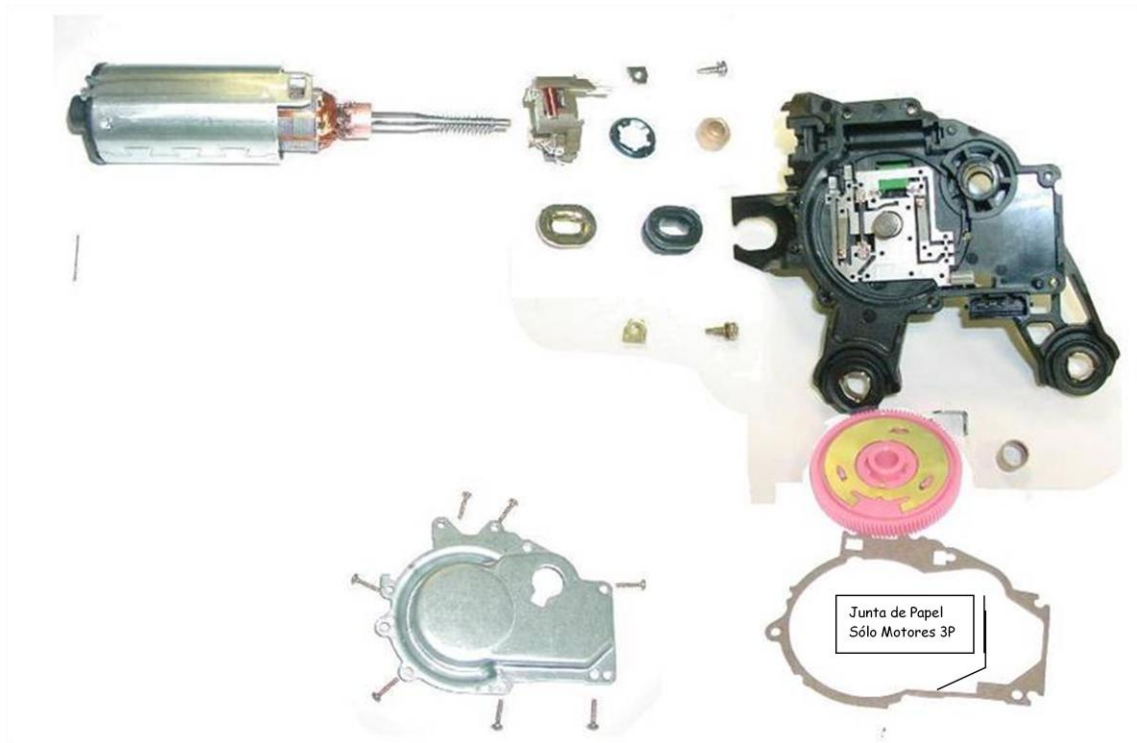
- **Puesto 2.3:**

Aquí, se realiza el engrase del bulón que tiene la transmisión en la parte que se inserta sobre la rueda y se le ensambla un tope por encima.



*Figura 20: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.3.a*

También, en algunos códigos de motores, se coloca una junta de papel sobre el contorno de la carcasa G, antes de colocarle la tapa, para mantener la estanqueidad del conjunto. En las familias de motores más modernos no es necesario.

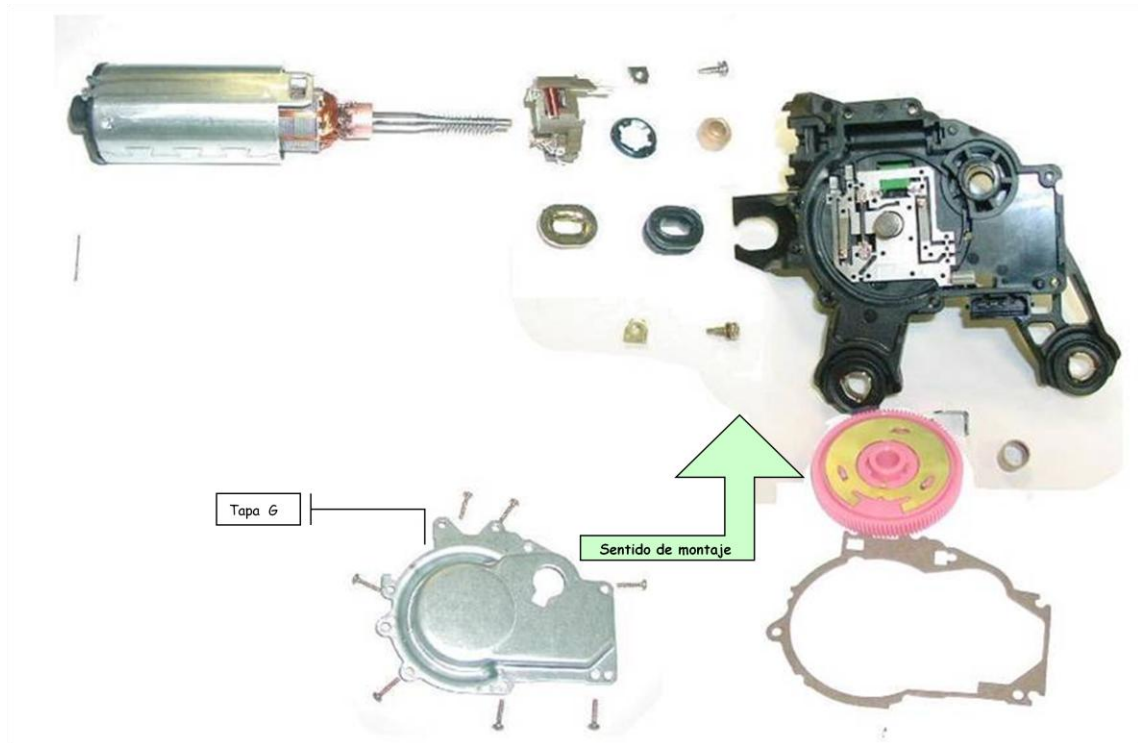


*Figura 21: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.3.b*

- **Puesto 2.4:**

En este puesto, se engrasan la transmisión y la rueda (por el lado que no se engrasó anteriormente), muy importante para el correcto engranaje que se produce entre ambos elementos.

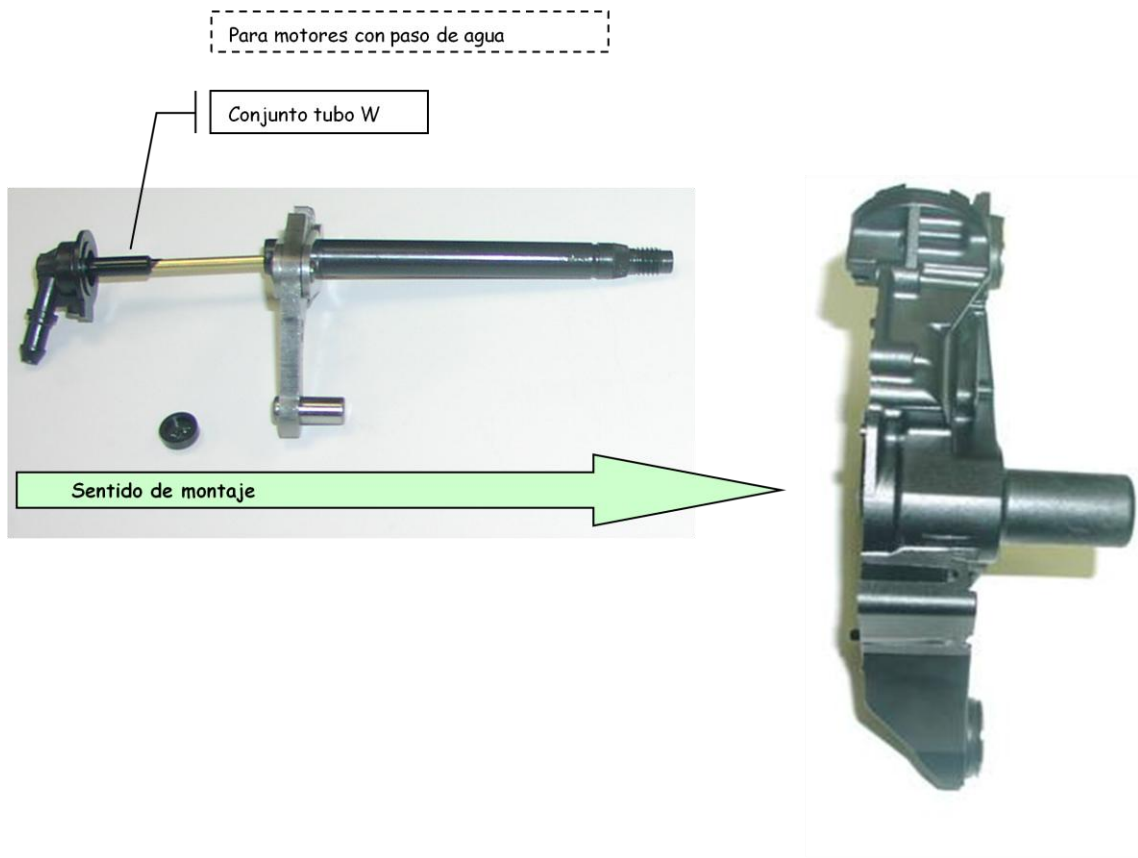
Posteriormente se posiciona la tapa G sobre carcasa G para dejar cerrado el conjunto motor, para ello existen unos pequeños machos en la carcasa G que sirven de guía para ensamblar la tapa en su posición correcta.



*Figura 22: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.4.a*

Además, en los modelos que llevan paso de agua por su interior, para poderse proyectar sobre el cristal del vehículo, la tapa que se acaba de colocar cuenta con una abertura sobre la que se inserta el conjunto tubo W, atravesando y usando como guía la transmisión en toda su longitud.





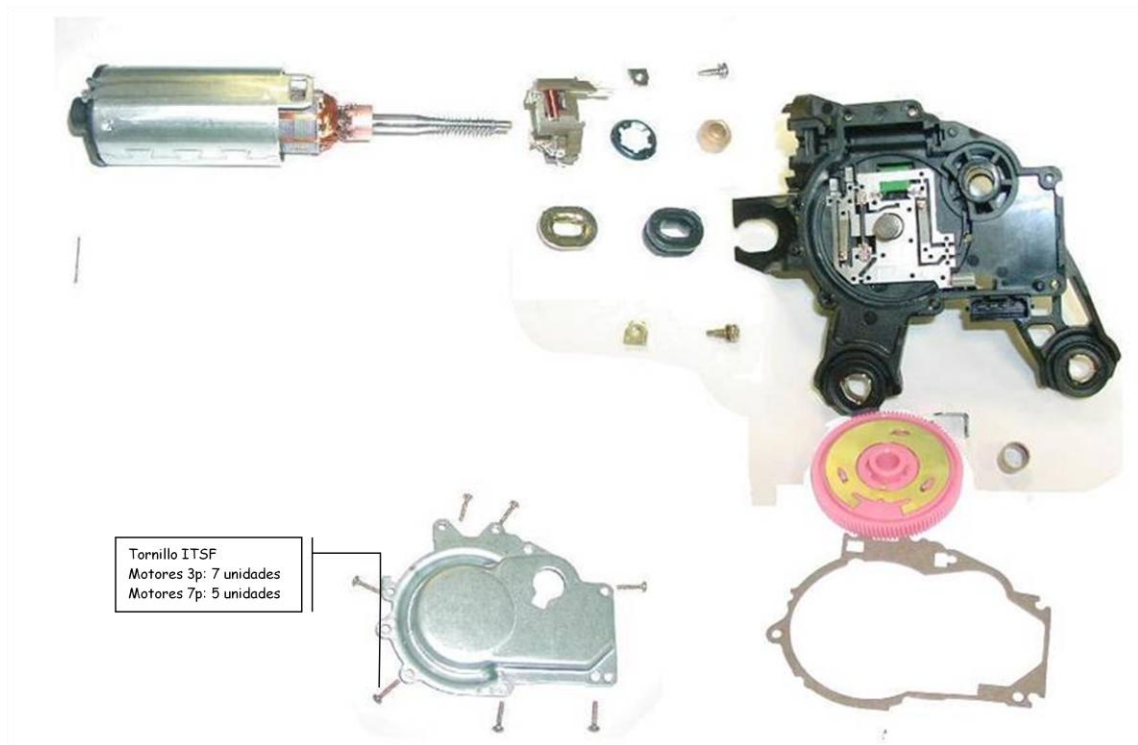
*Figura 23: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.4.b*

- **Puesto 2.5:**

Posteriormente y ya teniendo la tapa en su posición, se procede al atornillado de esta. En función de la familia de motor lleva 5 o 7 tornillos, que se atornillan directamente sobre la carcasa G. Después, se realiza un control de altura de los tornillos que nos permite evitar posibles fallos de atornillado o falta de tornillo.

Al ser el proceso de atornillado, un proceso lento, esta operación se realiza por duplicado en paralelo, así no se para el resto de estaciones de la línea por falta de platos en los puestos siguientes, ni taponando los anteriores. Cuando ya se vuelven a unificar los platos en un carril de transporte, se realiza el control de altura de tornillos y el volteo del motor dejándolo listo para las siguientes operaciones.



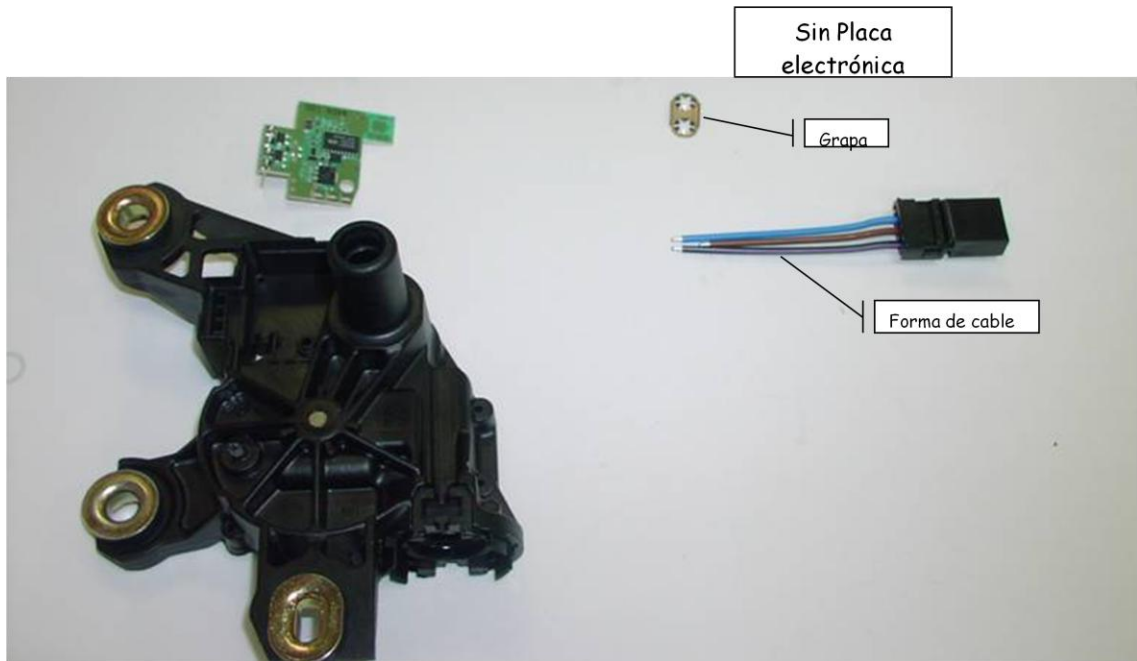


*Figura 24: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.5*

- **Puesto 2.55:**

En algunos modelos de motores antiguos sin placa electrónica, en este puesto se ensambla una forma de cable, que se conecta a los pines que asoman de la placa KO; estos cables en el extremo contrario acaban en un conector hembra por donde se alimentara el motor una vez posicionado en el vehículo. A esta forma de cable se le coloca una grapa de fijación.

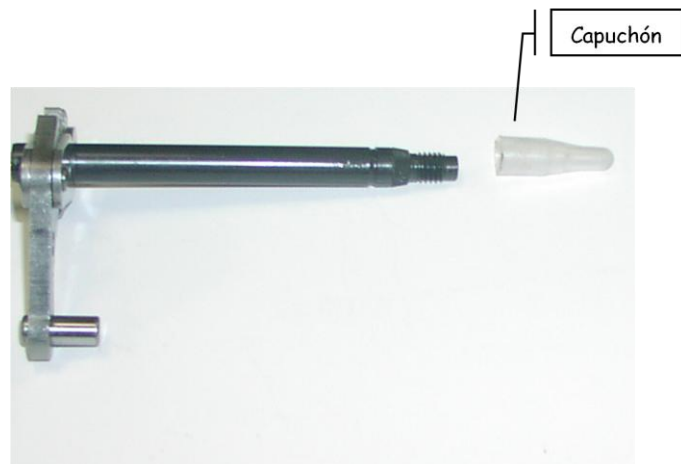
En los motores más modernos, el conector se encuentra en el propio motor, siendo el cable del propio vehículo a la hora del montaje, el que tendrá que conectarse al motor.



*Figura 25: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.55*

- **Puesto 2.6:**

Para evitar que en los motores con paso de agua, pueda entrar algo de grasa en el conjunto tubo W, la transmisión se inserta con un capuchón de protección. En este puesto es en el que se produce la extracción de ese protector del eje contra la grasa.

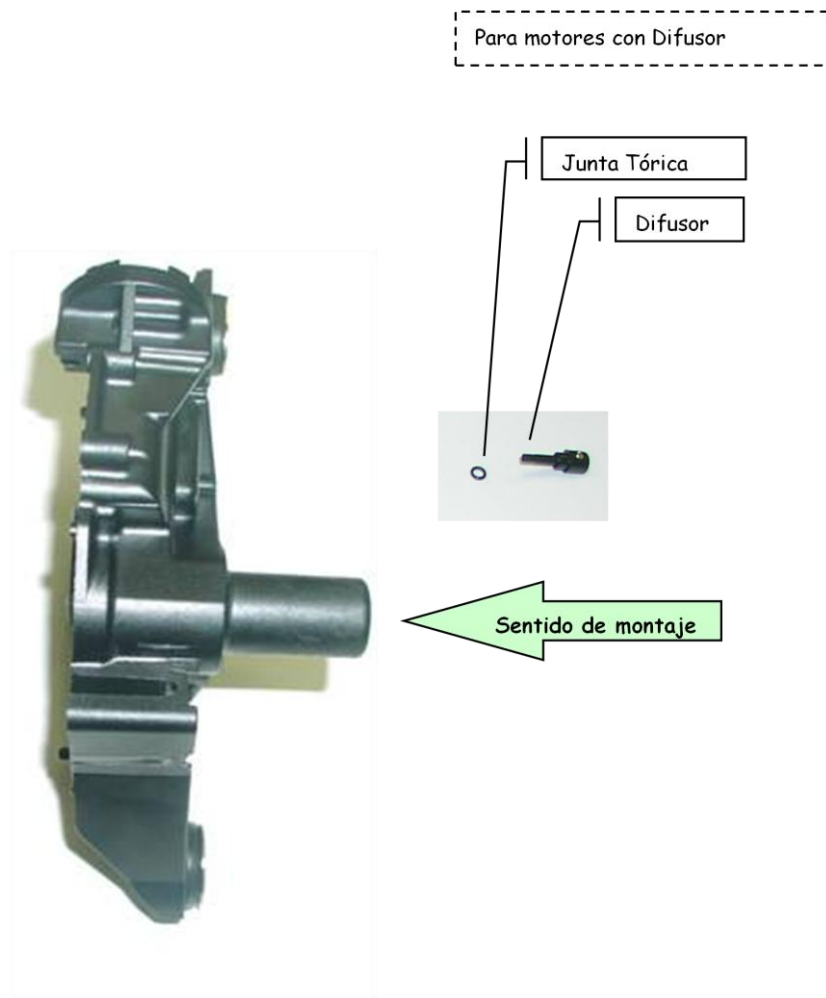


*Figura 26: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.6*

- **Puesto 2.7:**

Además, en los motores con paso de agua, es necesario colocar un difusor en el extremo del conjunto tubo W para proyectar el agua sobre el cristal del vehículo en la posición deseada por el cliente.

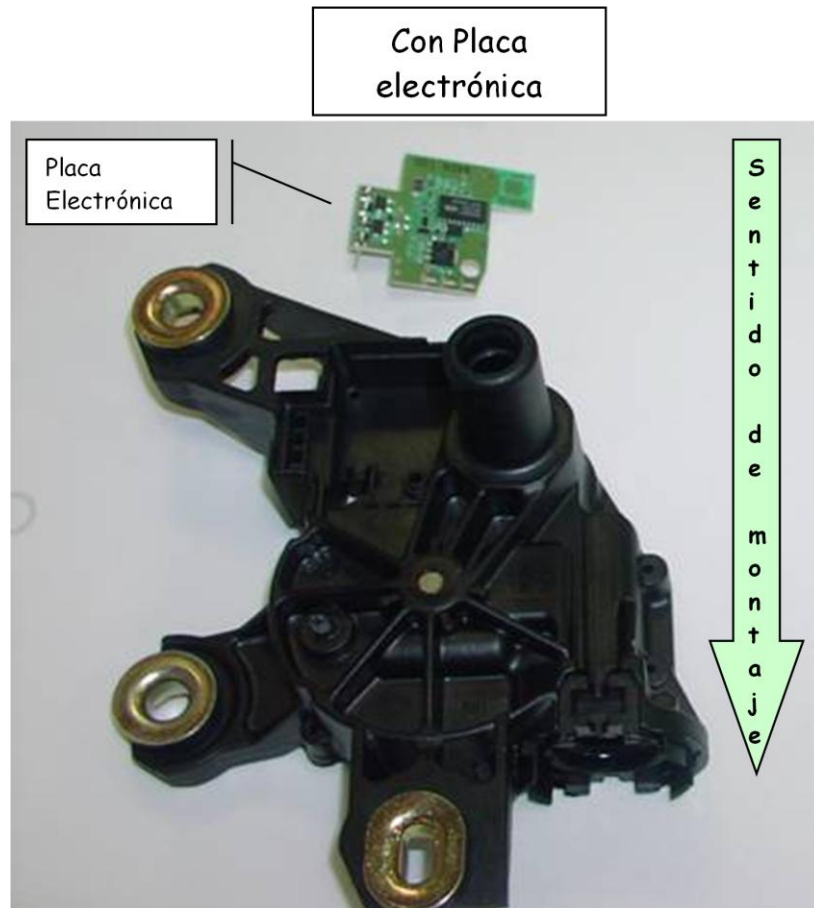
Además del difusor, se coloca una junta tórica, previamente engrasada, para evitar que haya fugas entre el tubo W y el difusor.



*Figura 27: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.7*

- **Puesto 2.8:**

En este puesto, se ensambla el módulo electrónico, que se conecta a los pines que asoman de la placa KO para posteriormente ser soldados.



*Figura 28: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.8*

- **Puesto 2.85:**

En este puesto se realiza la soldadura de parte del módulo electrónico mediante soldadura láser con aportación de hilo de estaño. Se trata de un proceso que utiliza la energía aportada por un haz láser para fundir el estaño sobre los puntos de la placa electrónica que se quieren fusionar. Se consigue una soldadura muy fina, precisa y siempre con las mismas características que se han requerido y regulado para adecuarlas a las especificaciones requeridas.

En la siguiente imagen se pueden ver tanto el puesto de soldadura como el cabezal utilizados:



*Figura 29: Puesto 2.85 de Soldadura Láser (Izqda.), Robot de Soldadura Láser (Dcha.)*

Se realizan 4 soldaduras por rayo láser en dos subestaciones paralelamente, pero usando el mismo cabezal de soldadura, lo que ralentiza el proceso, sólo sirve para tener el siguiente plato con su motor dispuesto para realizar las soldaduras, una vez que ha terminado con el anterior.

En la siguiente figura se puede ver una placa electrónica montada en el motor con 7 soldaduras, en este puesto se sueldan las 4 de la parte izquierda de la placa y en el siguiente, puesto 2.9, las tres de la parte superior:



*Figura 30: Placa electrónica de 7 soldaduras*

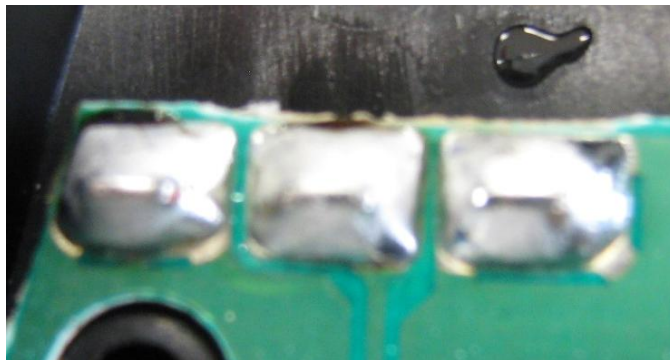
- **Puesto 2.9:**

### 3.2 DESCRIPCIÓN general de la línea

Este es un segundo puesto de soldadura, sólo se utiliza en algunas familias de motores, las que más soldaduras necesitan, 7 en total (se realizan las 3 soldaduras que faltan).

En este caso se trata de una soldadura mediante contacto con aportación de hilo de estaño.

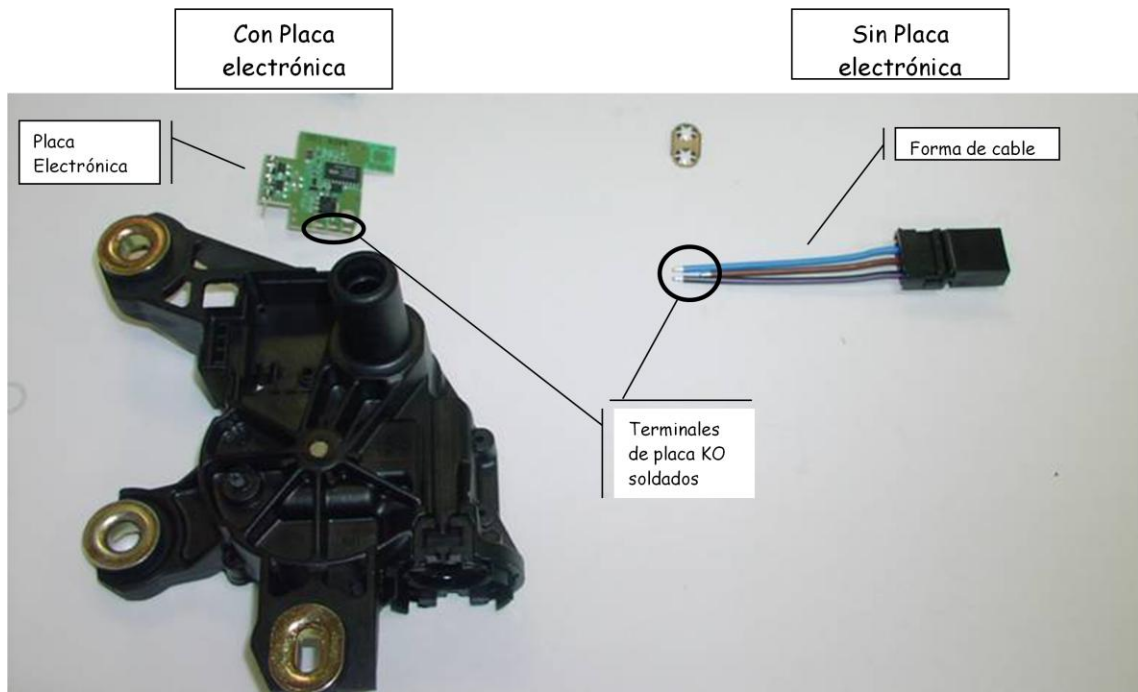
En la siguiente imagen se puede ver con detalle como quedan las soldaduras realizadas en este puesto una vez realizadas:



*Figura 31: Detalle placa electrónica soldada*

Esta vez sí se utilizan dos cabezales de soldadura y tiene dos subestaciones, pero al estar colocadas en serie, el segundo puesto tiene que esperar a que hayan soldado ambos cabezales para volver a recibir platos, lo que hace que tenga ciclos distintos de trabajo alternándose.

También en este puesto se suelda la forma de cable en el caso de llevar, suelda tres terminales en ambos casos.



*Figura 32: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.9*

- **Puesto 2.95:**

En este puesto se aplica una resina de poliuretano sobre la electrónica, cubriéndola por completo, a la que se llama “Potting”. Se trata de dos componentes líquidos, una resina y un endurecedor, que se mezclan homogéneamente justo antes de ser expulsados por una pipeta hacia el motor, antes de caer sobre la placa electrónica, cubriendo todo el alojamiento que la carcasa G deja para está. Las proporciones de la mezcla deben ser siempre las mismas rigurosamente, el exceso de endurecedor puede causar burbujas durante el curado y la posibilidad de aparición de grietas, ampollas, despegues, incluso algunos días después. Por el contrario, la escasez de endurecedor, no permitirá el curado total y las propiedades finales esperadas, no serán conseguidas en su totalidad.

Mediante unos sopladores se consigue que ambos líquidos penetren en toda la cavidad por debajo de la placa y enrasa los componentes hasta la altura de la carcasa. Estos dos componentes cuando se juntan, comienzan a endurecerse consiguiendo esa mezcla deseada que cubre completamente el alojamiento, sin dejar burbujas de aire gracias a los sopladores.

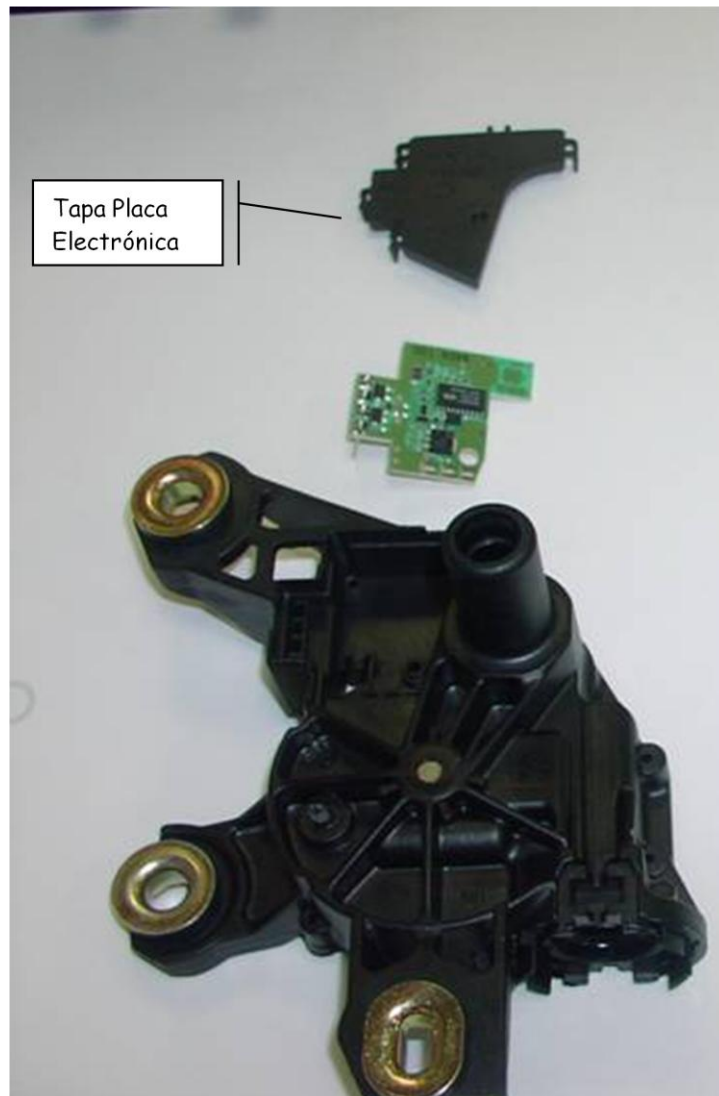
Para acelerar el proceso de secado y por tanto de endurecimiento, se aplica calor mediante unas bombillas que se detienen a muy poca distancia del motor en este mismo puesto. Aún así, el curado total no se consigue hasta pasadas 24 horas y las propiedades finales hasta 3 o 4 días después.



Esta resina no se aplica en todas las familias de motores, sólo la contiene un tipo.

- **Puesto 2.10:**

En otras familias de motores que no llevan “Potting” o incluso algunos códigos de motores que si lo llevan, se coloca una tapa cerrando el compartimento donde queda alojada la placa electrónica. Es el primer paso que se realiza en este puesto, en el caso de que sea necesario.



*Figura 33: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.10*

En este mismo puesto se pone en funcionamiento el motor, colocado en un plato giratorio, mientras se le realizan unos golpeteos sobre la carcasa motor, para que todos los elementos asienten correctamente y se le realiza un primer control de funcionamiento.

- **Cabina de ruido:**



Posteriormente, la cinta de transporte atraviesa una cabina insonorizada, donde el plato que transporta el motor se detiene y un operario lo pone en funcionamiento y pegándose el motor a la oreja detecta cualquier anomalía o exceso de ruido que pueda tener.

Esto es muy importante ya que es un elemento que se encuentra dentro del habitáculo del vehículo en la mayoría de los casos y un exceso de ruido sería incomodo para todos los ocupantes del mismo.

- **Puesto 2.11:**

Se trata de un puesto de control de fallo y reparación completamente manual, al que sólo van a parar aquellos motores en los que se ha detectado alguna anomalía.

Al operario que se encuentra en este puesto le aparece cual es el fallo concreto que tiene el motor y en que puesto se ha detectado, este comprueba si puede solventarlo y de no ser así lo manda a la chatarra directamente.

- **Puestos 2.12, 2.13 y 2.14:**

Estos tres puestos son exactamente iguales, pero debido a su lentitud se encuentran por triplicado para no ralentizar la producción; aunque se encuentran en serie colocados en la cinta de transporte, ellos mismos gestionan en cuál de los tres puestos se detiene un plato que transporta un motor para efectuarle las operaciones necesarias.

En estos puestos se realizan dos operaciones, primeramente un control de vibración, poniendo el motor en funcionamiento y comprobando que se encuentra dentro de los límites establecidos; y después se coloca en una maqueta o bancada donde, también con el motor rodando, se controlan numerosos parámetros por un ordenador, tensión del motor, par de giro, ángulo de giro, etc....

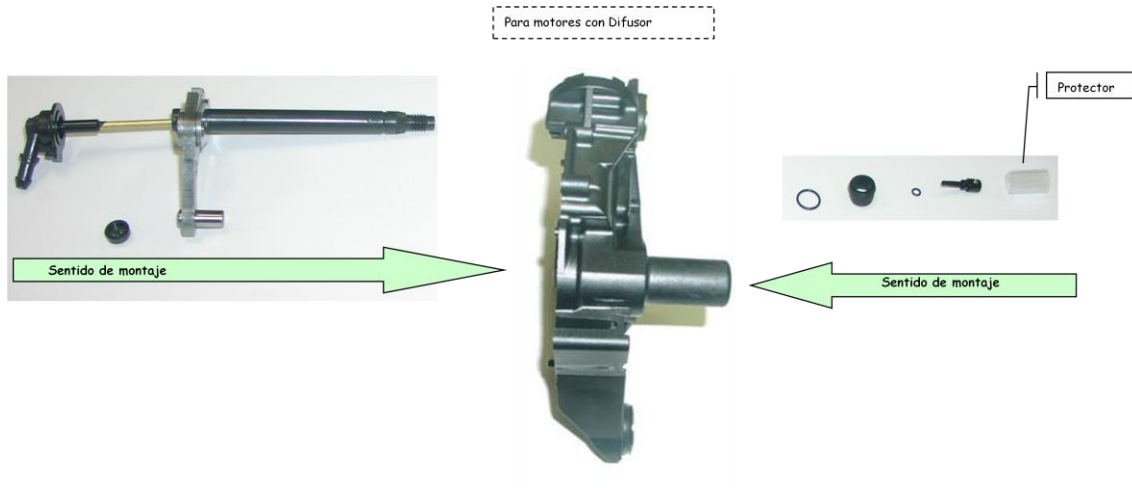
Los motores que no se encuentran dentro de las especificaciones establecidas para esa familia, hacen una segunda pasada por uno de los otros dos puestos, y en el caso de seguir dando malo, se chatarra.

- **Puesto 2.15:**

En este último puesto se realizan varias operaciones, primeramente y sólo en el caso de motores con paso de agua, se realiza un control de estanqueidad mediante un microfugómetro, que comprueba que no exista más fuga de la establecida, variando en función de la familia.

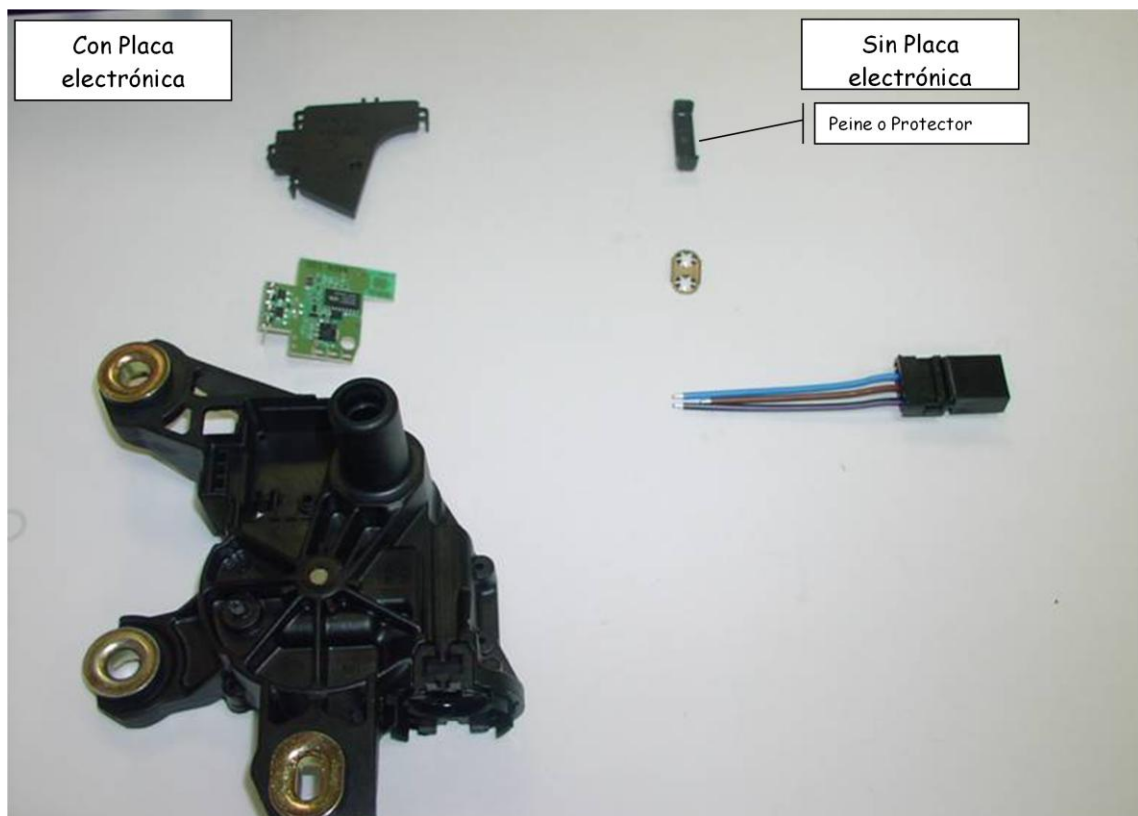
### 3.2 DESCRIPCIÓN general de la línea

Posteriormente, a estos motores con paso de agua y que por tanto llevan difusor, se les coloca un protector para el difusor, evitando que se dañe en el traslado hacia el cliente y que se pueda modificar el ángulo de salida del chorro de agua.



*Figura 34: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.15.a*

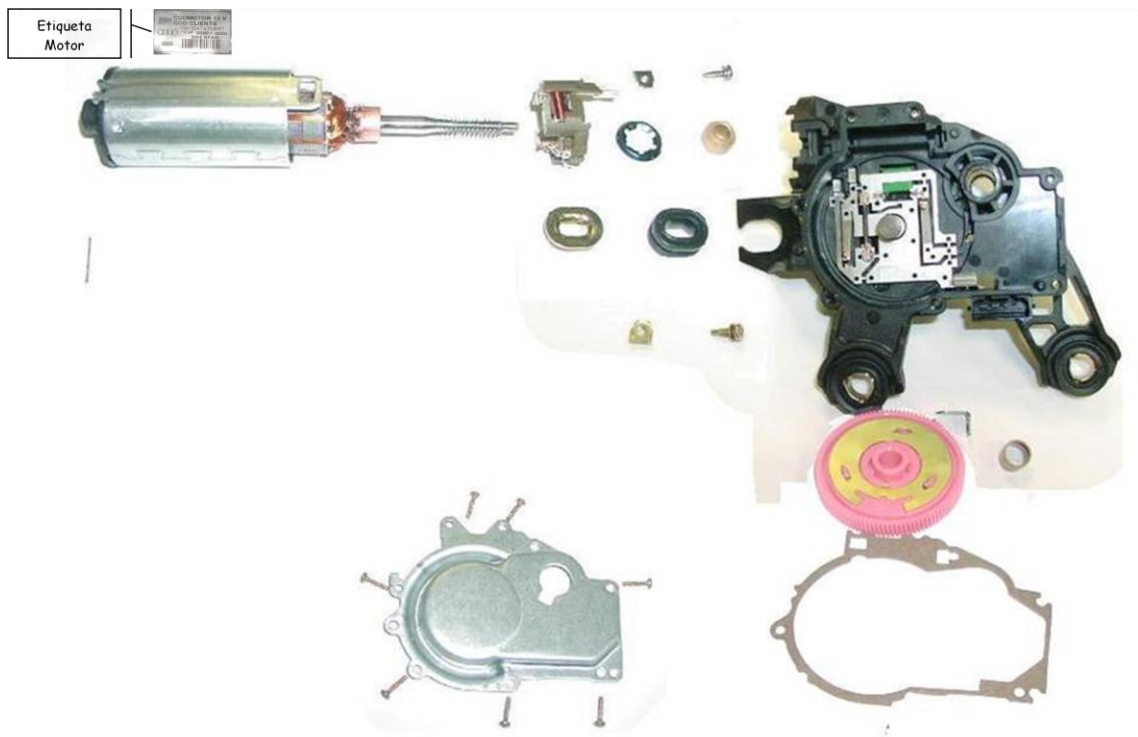
En el caso de llevar forma de cable y no electrónica, también se coloca un protector de la misma, una especie de peine protector.



*Figura 35: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.15.b*

Por último, una impresora imprime la etiqueta correspondiente para el motor que está pasando por la cinta en ese momento y se le pega en la carcasa motor.

Esta etiqueta contiene toda la información referente a ese motor, logo del cliente, fecha en la que se ha fabricado, algunos de los parámetros del motor, etc.... Muy importante para detectar cualquier fallo repetitivo que haya podido ocurrir.



*Figura 36: Componentes del motor ensamblados en el puesto 2.15.c*

En este punto, se procede a la descarga del motor, siempre que este haya dado bueno de todos los parámetros, llegando a las manos de un operario que es el que se encarga de hacer una inspección visual del mismo y colocarlo en el embalaje correspondiente para cada familia de motor y por tanto para cada cliente.

# Capítulo 4

## Estudios de mejora

### 4.1 Introducción

Para poder elegir sobre que puestos se va a actuar y se va a proceder a su fiabilización y poder así incrementar la productividad de la línea, es necesario realizar un estudio previo de esta. Más concretamente, se van a realizar tres tipos de estudios:

#### **1. Estudios Rojo/Verde:**

Se realizará una observación continua de los puestos que se consideran conflictivos, los más posibles con el equipo que se cuenta, que nos va a permitir distinguir entre el tiempo de despilfarro y el valor añadido para el cliente.

Además de separar los diferentes tipos de tiempo que aparecen para cada puesto, con este estudio se podrá comprobar si existe algún tipo de incidencia que ocurra de forma repetitiva para un mismo puesto de trabajo. También se podrá observar de que manera afecta cada puesto sobre los puestos anteriores y posteriores, ya que las paradas que ocurren en un puesto también afectan a los que tiene por delante y por detrás.

Se van a realizar dos estudios separados, para dos códigos de motores diferentes:

- A. Un motor con “Potting”, 7 soldaduras y paso de agua.
- B. Un motor con 7 soldaduras y paso de agua, pero no lleva “Potting”.

### **2. Estudios de Variabilidad:**

Se trata de un estudio de tiempos para comprobar cómo afecta el tiempo ciclo de un puesto sobre los otros y que puestos son los que tienen el mayor tiempo de ciclo en cada circuito, haciendo de cuellos de botella.

Se realiza para todos los puestos de la línea que trabajan para cada motor, desglosando las operaciones que se realizan en cada puesto. El tiempo a tomar es el que tarda en realizarse una operación desde que empieza hasta que acaba, no se tiene en cuenta paradas del puesto por falta de platos o atascos a la salida.

Se van a realizar tres estudios separados, para tres códigos de motores diferentes:

- A. Un motor con “Potting” y 7 soldaduras.
- B. Un motor con 7 soldaduras y paso de agua, pero no lleva “Potting”.
- C. Un motor que no lleva “Potting”, ni paso de agua, ni placa electrónica (y por tanto, tampoco soldadura, ni tapa electrónica).

### **3. Estudios de Microparadas:**

Con este estudio, se van a contabilizar todas las microparadas que ocurran, paradas no superiores a 5 minutos y que no sea necesario que acuda un equipo de mantenimiento.

Se coloca una hoja en cada puesto con los problemas más usuales que suelen ocurrir, y el propio operario de la línea al ir a solventar el problema colocará una marca en el error correspondiente para luego poder contabilizarlo.

Para poder identificarlos mejor, se separan las hojas por familia, estando pendiente del programa de producción constantemente para cambiar la hoja y colocar la que corresponde. En este caso se realiza para familias de motores, ya que se quiere realizar para tiradas grandes de producción y así tener resultados totalmente fiables. Así, este estudio se realiza para estas tres familias:

- A. Familia que lleva soldadura entre la placa KO y la placa portaescobillas, y junta de papel.
- B. Familia con 7 soldaduras y paso de agua.
- C. Familia con “Potting”, 7 soldaduras y paso de agua.

En función de cada estudio, se han elegido unos códigos de motores u otros, o incluso familias completas como en el caso del estudio de microparadas, en función del análisis para el que se están usando, para obtener unos datos lo más completos posibles.

Posteriormente, y ya teniendo los tres estudios realizados, se tomará la decisión de que puestos son candidatos para realizar un análisis más intenso y crear un plan de acciones que logre la fiabilización de cada puesto.

A continuación se muestran y analizan con detalle cada uno de los estudios realizados:

## 4.2 Estudios Rojo/Verde

Para un primer estudio, se va a utilizar un método llamado “ROJO/VERDE”, mediante el cual se realizará una observación de cada puesto de trabajo de la línea que se quiera realizar la toma de datos, durante un periodo de tiempo determinado. Esta toma de datos nos va a permitir distinguir entre:

- Tiempo útil: funcionamiento bueno a cadencia objetiva.
- Tiempo no útil pero necesario: necesario pero mejorable, es preciso reducirlo al máximo.
- Tiempo no útil (despilfarro): a suprimir, no aporta nada.

Para realizar esta observación hay que definir unos componentes u observadores, los cuales no tienen porque ser cualificados técnicamente, ya que sólo hay que ir anotando a que son debidos los tiempos de parada de cada puesto; esto nos permitirá detectar puestos de trabajo conflictivos, averías repetitivas, etc.... Tendrán que distribuirse a lo largo de los puestos que forman la línea en función de los puestos que se quieren analizar para cada tipo de motor. En algunos casos, un mismo observador se encargará de anotar varios puestos.

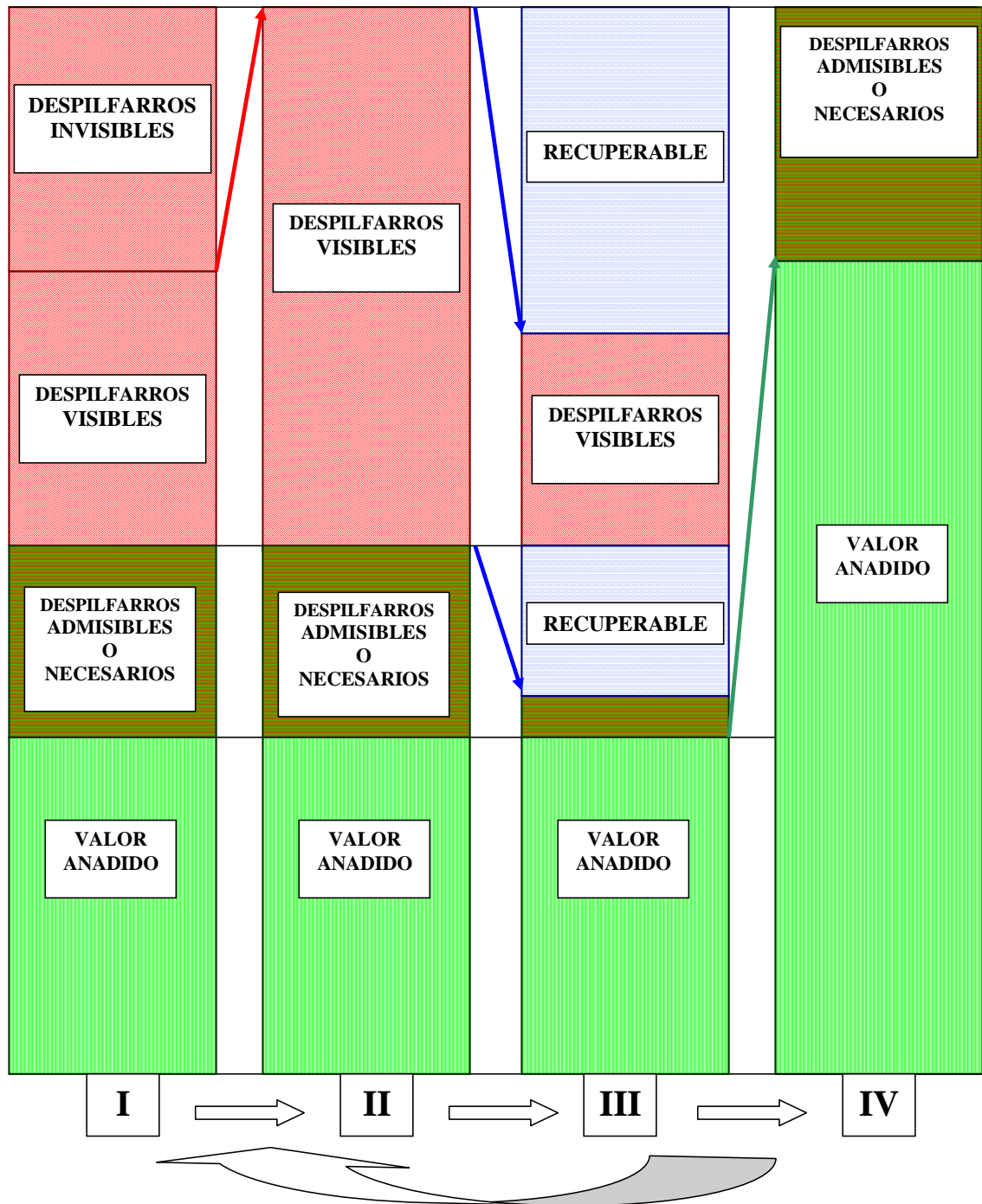
Se decide realizar una observación de dos horas continuada y para ello a cada componente se le entrega un cuadrante con las dos horas divididas en tiempos de 10 segundos. Sólo tendrá que anotar cuando el puesto que está observando deja de trabajar a

su cadencia objetiva de forma continuada, indicando una de las siguientes siglas con una breve descripción si es necesario:

- **AJ (Ajuste):** Cuando el operario o el jefe de línea paraliza el puesto para realizar algún tipo de ajuste.
- **AV (Avería):** Cuando el puesto se paraliza por alguna avería y requiere la presencia del operario para ponerlo en funcionamiento de nuevo.
- **FP (Faltan Platos):** Cuando el puesto deja de trabajar porque no le llegan platos para continuar a cadencia objetiva.
- **NV (Nivel):** Cuando el puesto deja de trabajar debido a que no pueden salir platos por acumulación en los siguientes puestos y deja de trabajar a cadencia objetiva.
- **FM (Falta Material):** Cuando el puesto se paraliza requiriendo material para poder continuar trabajando.
- **OK:** Cuando se da por concluida cualquiera de las incidencias anteriores.

Después de la observación habrá que analizar detalladamente las causas de los problemas de cada puesto de la línea y comprobar si ocurren de forma aislada o se repiten a lo largo del tiempo de observación.

El método de “ROJO/VERDE”, es un método fino, detallado, de observación continua de puestos, que de una forma incontestable permite identificar entre despilfarro (muda) y valor añadido para el cliente. Como muda o desperdicio se entiende toda actividad que, desde el punto de vista del cliente, no agrega valor en el producto o servicio.



*Figura 37: Evolución Método Rojo/Verde*

- **I → II:** Eliminar despilfarros invisibles.
- **II → III:** Minimizar despilfarros admisibles o necesarios y visibles
- **III → IV:** Aumentar valor añadido.

Para cada puesto de trabajo se va a proceder a analizar un gráfico donde se recogen los tres tipos de tiempos que se quieren analizar sobre el total:



- **Tiempo útil:** funcionamiento bueno a cadencia objetiva. **Se ve reflejado en color verde en cada gráfico.**
- **Tiempo no útil pero necesario:** necesario pero mejorable, es preciso reducirlo al máximo. **Se ve reflejado en color morado en los gráficos que existe.**
- **Tiempo no útil (despilfarro):** a suprimir, no aporta nada. **Se ve reflejado en color rojo en cada gráfico.**

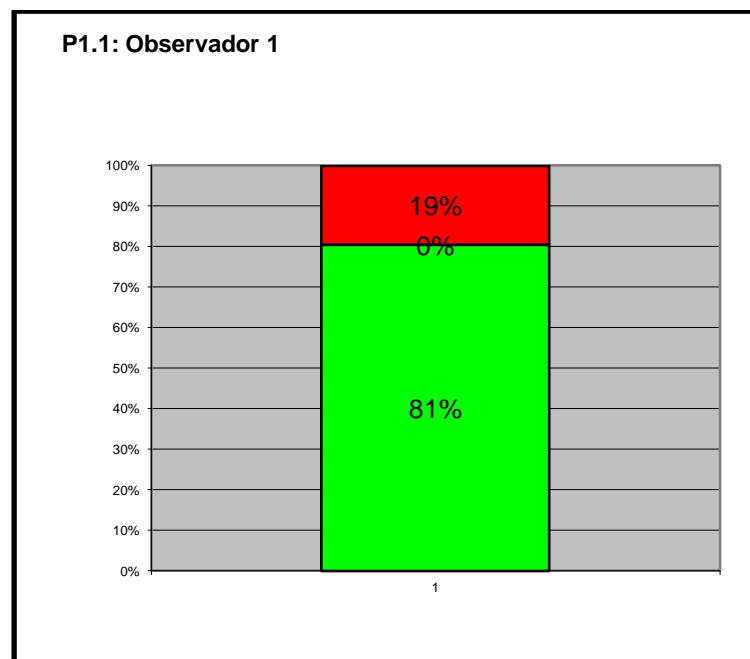
Además si ha existido algún tipo de incidencia durante el tiempo de observación se indicará para cada puesto que ha sido observado.

A continuación, se pasa a analizar los resultados obtenidos durante la observación para dos códigos de motores diferentes.

## A) Motor A:

Se trata de un motor con “Potting”, 7 soldaduras (utiliza los dos puestos de soldadura) y paso de agua, necesita difusor para la expulsión del agua hacia el cristal posterior del vehículo.

- **Puesto 1.1 (Observador 1):**

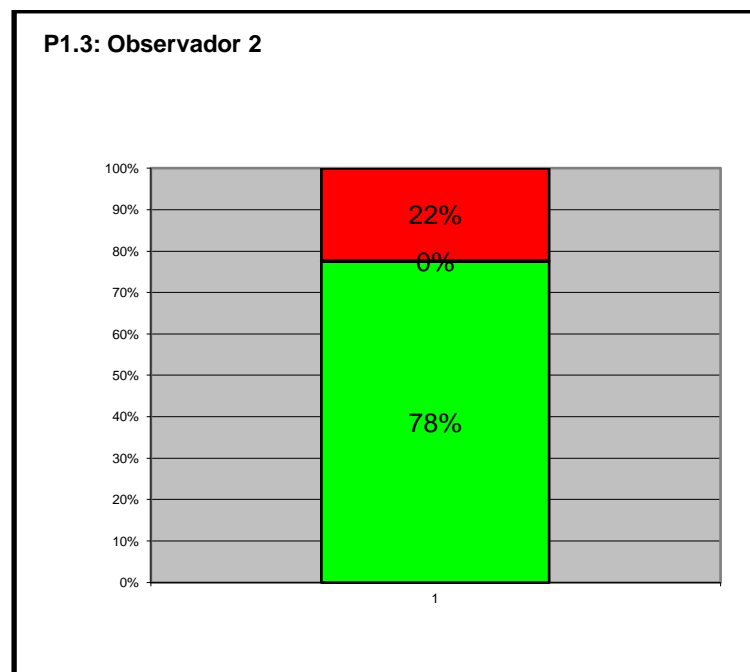


*Figura 38: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.1 Motor A*

La mayoría del tiempo despilfarrado de ese 19% se debe a Nivel y Falta de Platos, pero además se tienen dos microparadas de unos 30 segundos producidas por un atasco de casquillos en el carril que los dispensa, solucionados por el jefe de línea del circuito 1 sin mayor complicación.

Una de las veces, y aprovechando que el puesto está parado, se aprovecha para alimentar la tolva que contiene los casquillos.

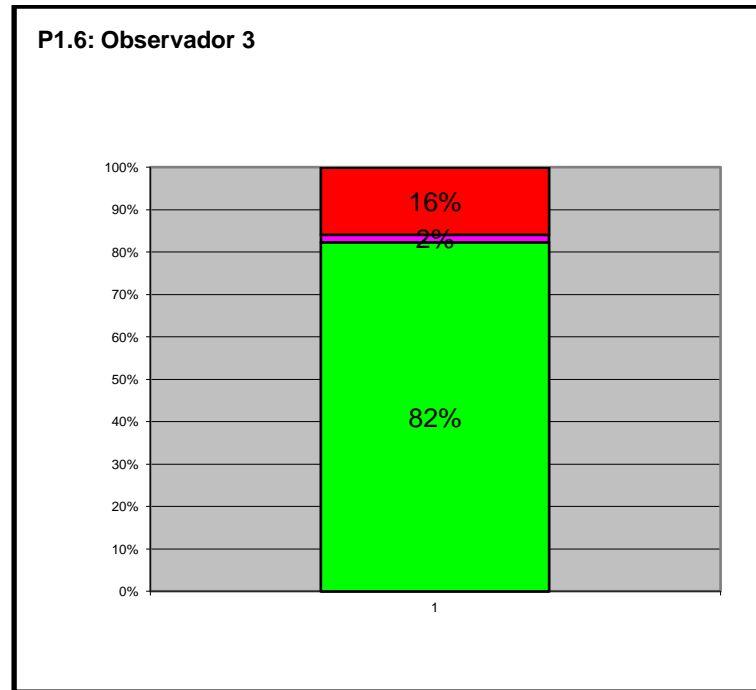
- **Puesto 1.3 (Observador 2):**



*Figura 39: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.3 Motor A*

También en este puesto, la mayoría del tiempo despilfarrado de ese 22% se debe a Nivel y Falta de Platos, pero además se tiene una microparada de un minuto y medio aproximadamente producida porque una junta tórica se queda pillada en el espadín que la inserta en el motor. El jefe de línea del circuito 1 tiene que liberar el atranco y reiniciar el PLC (Controlador Lógico Programable o autómatas programables) del puesto para que inicie el ciclo.

- **Puesto 1.6 (Observador 3):**

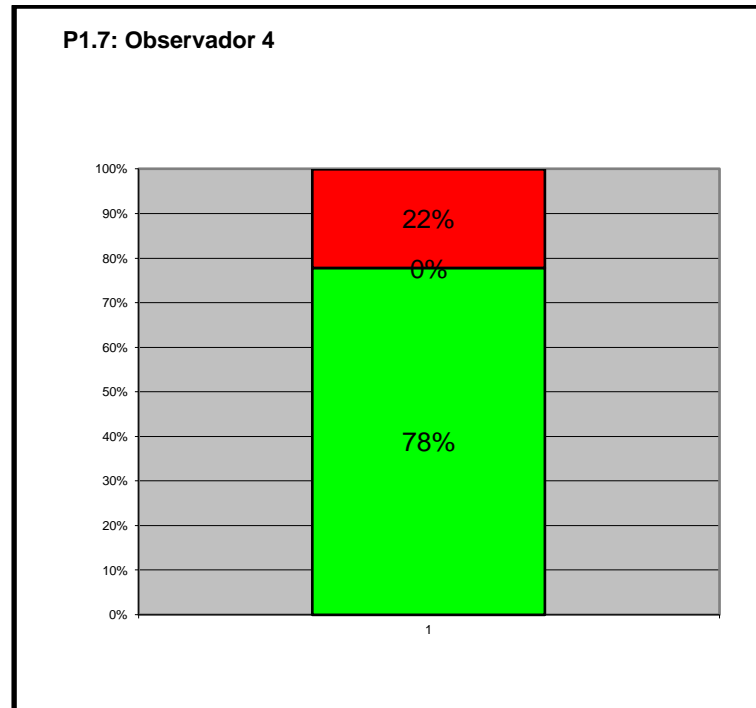


*Figura 40: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.6 Motor A*

La mayoría del tiempo despilfarrado de ese 16% se debe a Nivel y Falta de Platos, pero además se tienen una microparada de unos 40 segundos producida por un fallo de lectura en el plato que transporta el motor y otra microparada de un minuto por un motor que queda descolocado al realizar el volteo del motor, ambos solucionados por el jefe de línea del circuito 1.

Además se tiene un tiempo de parada necesario pero mejorable de unos 2 minutos, aproximadamente un 2% del tiempo total, correspondiente a un llenado de grasa realizado por el jefe de línea del circuito 1 para el que se requería máquina parada.

- **Puesto 1.7 (Observador 4):**

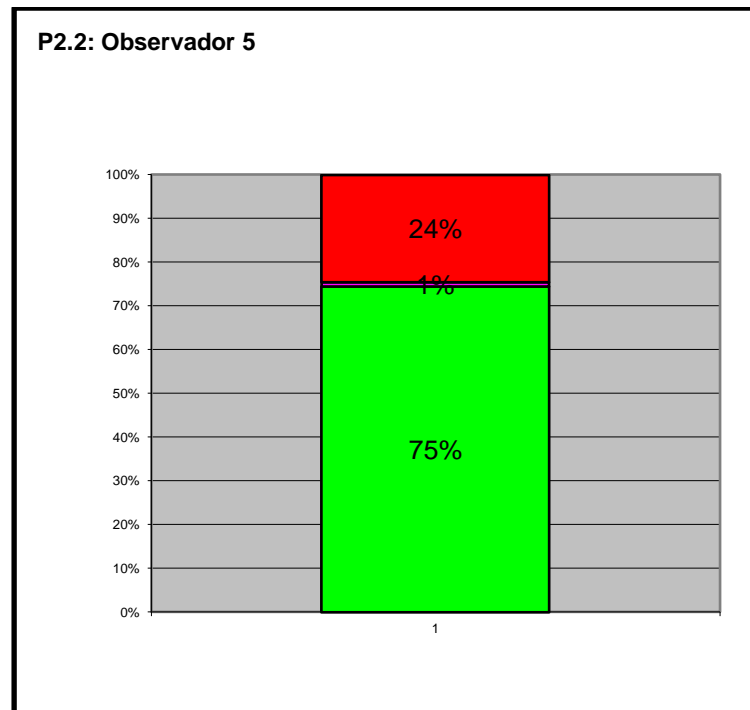


*Figura 41: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.7 Motor A*

La mayoría del tiempo despilfarrado de ese 22% se debe a Nivel y Falta de Platos, pero además se tienen dos microparadas de un minuto aproximadamente producidas por un atasco de tuercas en el carril que las dispensa. Ambas suceden en el carril derecho, que envía sólo una de las tuercas hacía el motor.

Se deja anotado para que mantenimiento revise las posibles causas.

- **Puesto 2.2 (Observador 5):**

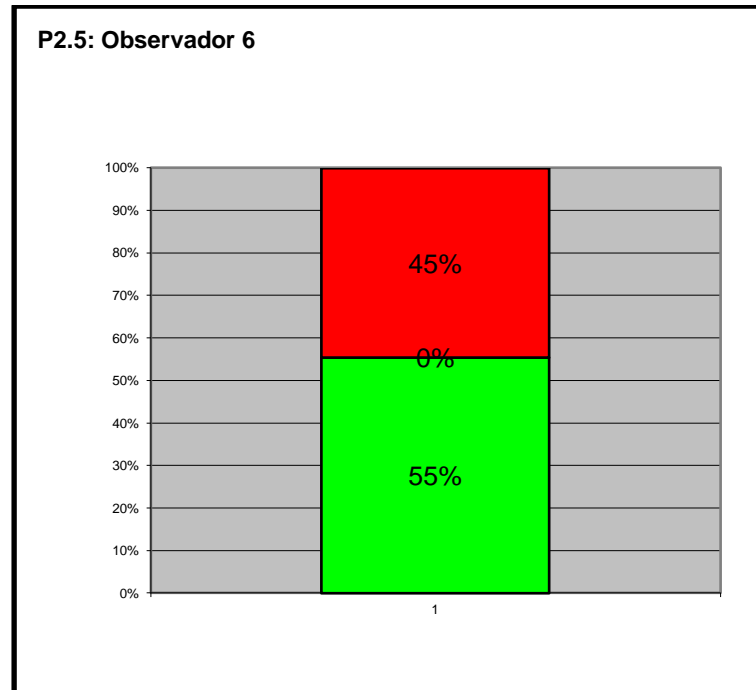


*Figura 42: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.2 Motor A*

La mayoría del tiempo despilfarrado de ese 24% se debe a Nivel y Falta de Platos, sobre todo a que no salen platos (nivel) por paradas en el siguiente puesto, el 2.3. Además se tienen dos microparadas de unos 50 segundos producidas por atasco en el lineal que alimenta las ruedas hacia el puesto y otra de unos dos minutos producida por un mal posicionamiento en la bandeja que soporta las transmisiones.

También cabe resaltar un tiempo de parada necesario pero mejorable de un minuto, aproximadamente un 1% del tiempo total de dos horas, correspondiente a dos limpiezas realizadas en el depósito de grasa realizadas por el jefe de línea del circuito 2, para el que es necesario máquina parada.

- **Puesto 2.5 (Observador 6):**



*Figura 43: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.5 Motor A*

Absolutamente todas las paradas producidas, se deben a que no salen platos del puesto debido al atasco que hay en la cinta de transporte, llegando estas a suponer un 45% del total, algunas llegando incluso a suponer 3 o 4 minutos en el que el puesto se encuentra sin trabajar. Esto es debido a que se trata de un motor que lleva, además de paso de agua (algo que no influye en estas paradas), 7 soldaduras (usando ambos puestos de soldadura) y “Potting”, siendo en la soldadura laser y el puesto del “Potting” donde más se ralentiza el proceso.

- **Puesto 2.6 (Observador 6):**

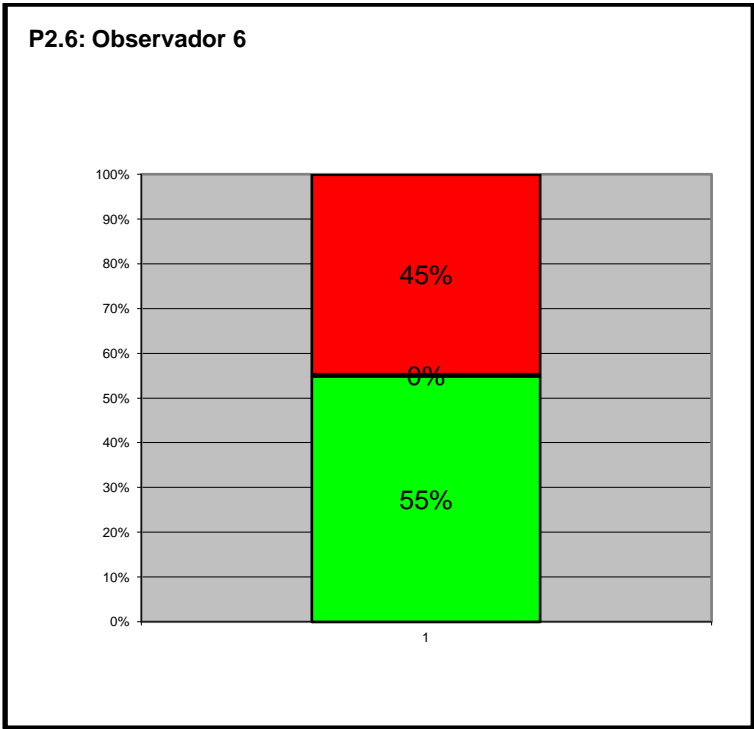


Figura 44: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.6 Motor A

Al igual que en el caso anterior, absolutamente todas las paradas producidas, se deben a que no salen platos del puesto por el atasco que hay en la cinta de transporte, llegando estas a suponer también un 45% del total.

- Puesto 2.85 (Observador 7):**

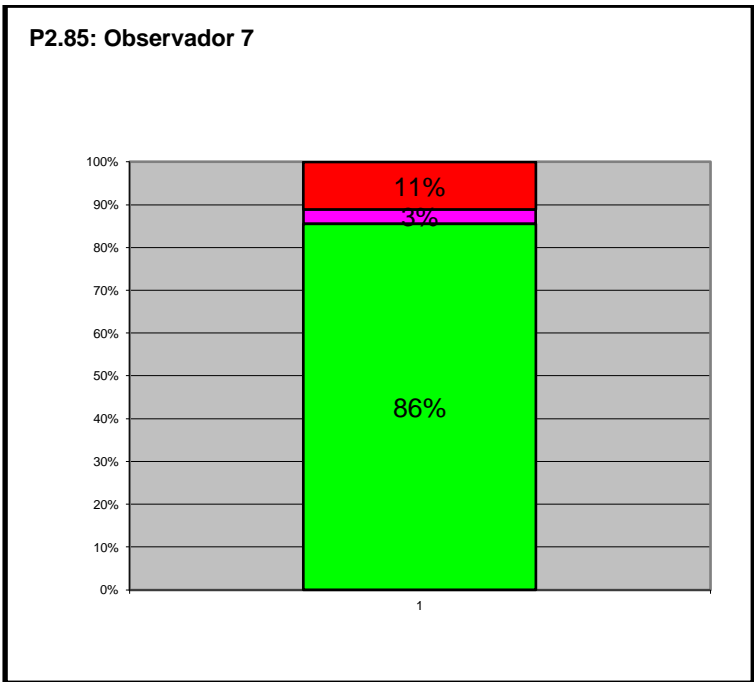
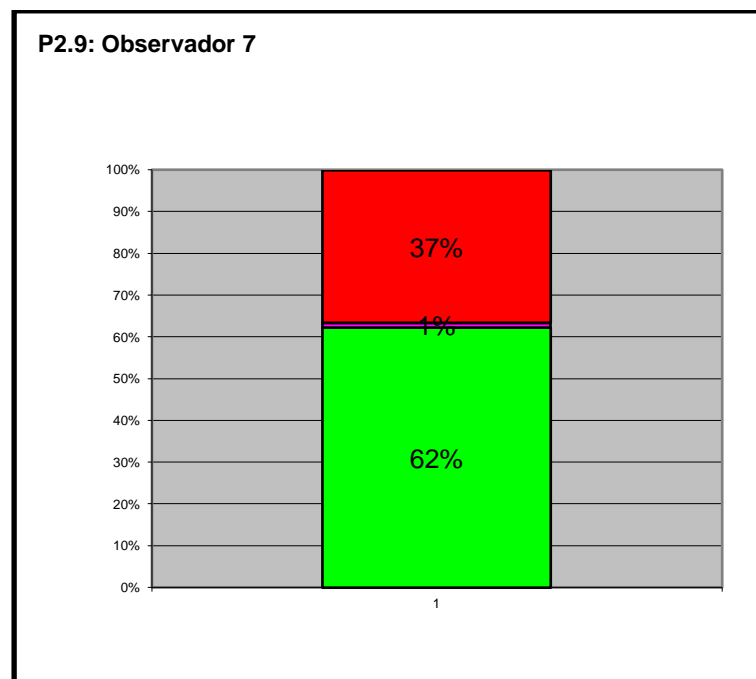


Figura 45: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.85 Motor A

En este puesto ya se puede ver como han disminuido esas paradas llegándonos a quedar un tiempo despilfarrado de un 11% del total. También se deben todas a que no salen platos del puesto, pero ya mucho menos que en los anteriores, ya que muchas de ellas eran producidas por este puesto.

Por otro lado, este puesto de soldadura láser, requiere automáticamente la limpieza de lente cada 480 soldaduras (120 motores), un test de potencia cada 1000 soldaduras (250 motores) y el cambio de estaño cada cierto tiempo, lo que se traduce en ese 3% de tiempo necesario para ajuste, pero mejorable.

- **Puesto 2.9 (Observador 7):**



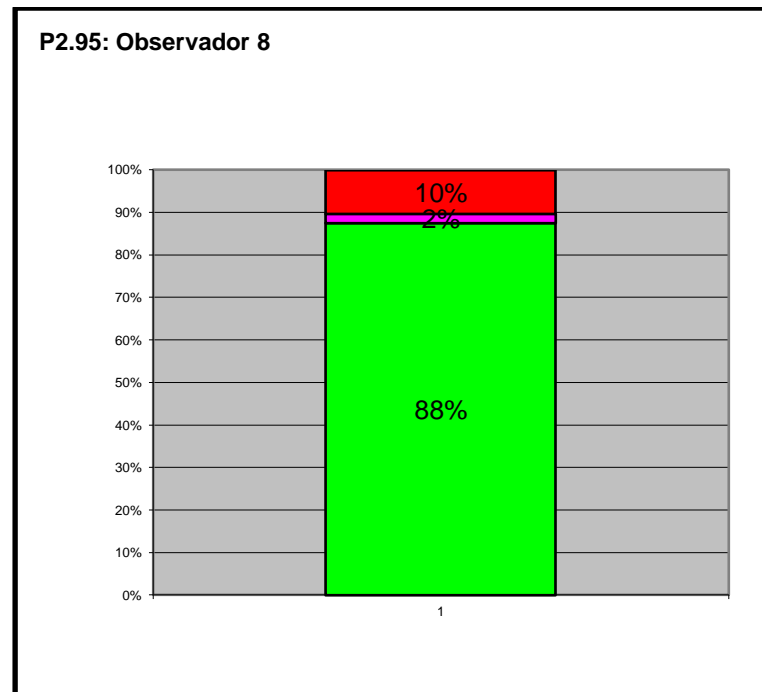
*Figura 46: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.9 Motor A*

En este puesto vuelve a empeorar la cosa, se nos junta la falta de platos producida por el puesto anterior con los niveles que produce el siguiente, llegando a un 37% del total.

Además, al ser también un puesto de soldadura, es necesario realizar un cambio de estaño en los cabezales de soldadura, se realiza una vez durante las dos horas, tardando un minuto y medio aproximadamente, reflejándose en ese 1% necesario pero mejorable.

- **Puesto 2.95 (Observador 8):**





*Figura 47: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.95 Motor A*

Este puesto al ser el que tiene mayor tiempo de ciclo y por tanto el que ralentiza los otros puestos, los anteriores sobre todo, no tiene apenas falta de platos, está abastecido y trabajando a plena cadencia durante todo el tiempo. El 10% que se observa de despilfarro, es debido a varias paradas producidas a la salida de los platos del puesto, algunas de unos 4 minutos, producidas por un error de programación que se solventa en el transcurso de la observación.

Este puesto de “Potting” también requiere un ajuste automático cada cierto tiempo, salta una alarma periódica de fraguado, que no es más que pide realizar una purga para que los dos componentes no se acumulen en la pipeta de salida del “Potting”, produciendo un endurecimiento no deseado al estar en contacto los dos componentes que lo forman. Se ve reflejado en ese 2% del total.

- **Puesto 2.10 (Observador 8):**

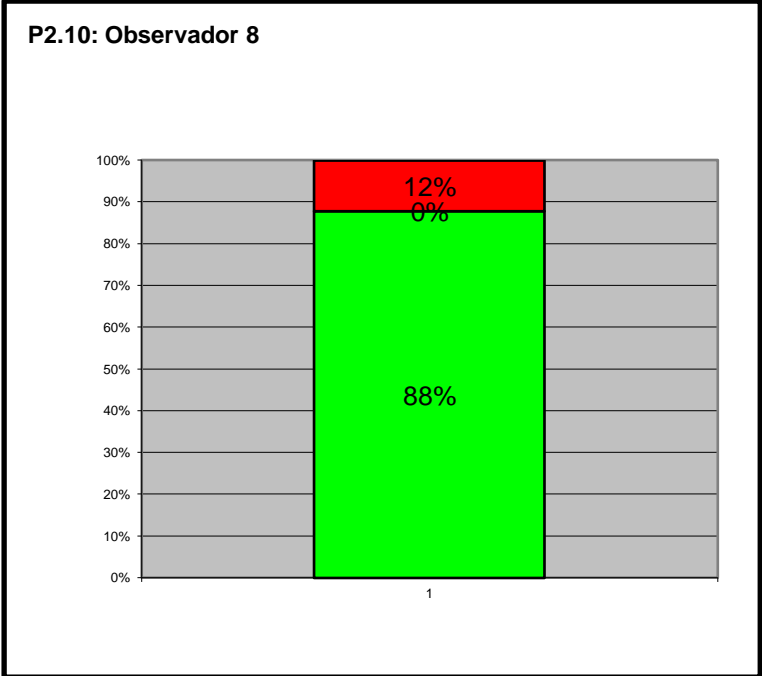


Figura 48: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.10 Motor A

Aquí, a la inversa que pasaba antes del puesto 2.95, todas las paradas que se producen son debidas a falta de platos producidas por ese puesto, algunas muy largas de incluso 7 minutos, lo que da lugar a ese 12% del tiempo total que es importante reducir al mínimo.

- **Puestos 2.12, 2.13 y 2.14 (Observador 9):**

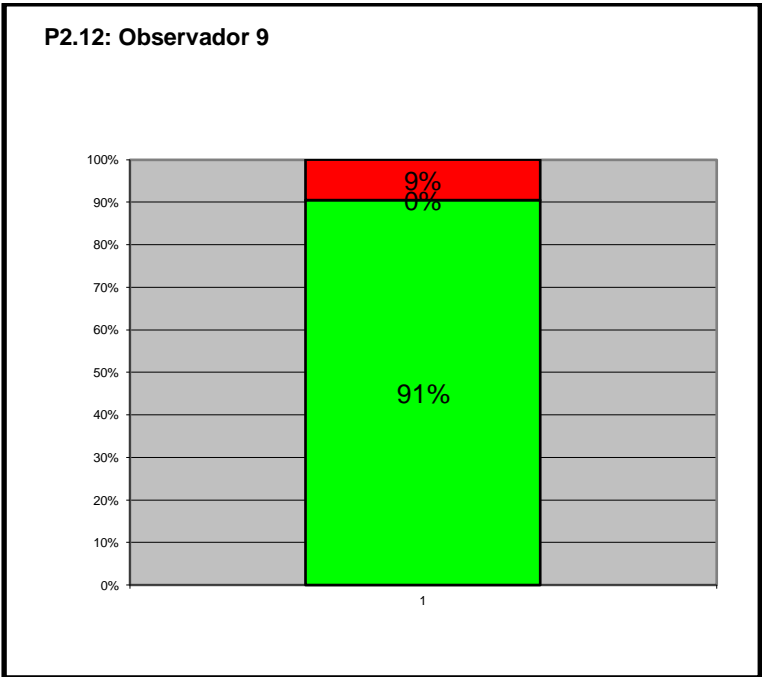


Figura 49: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.12 Motor A

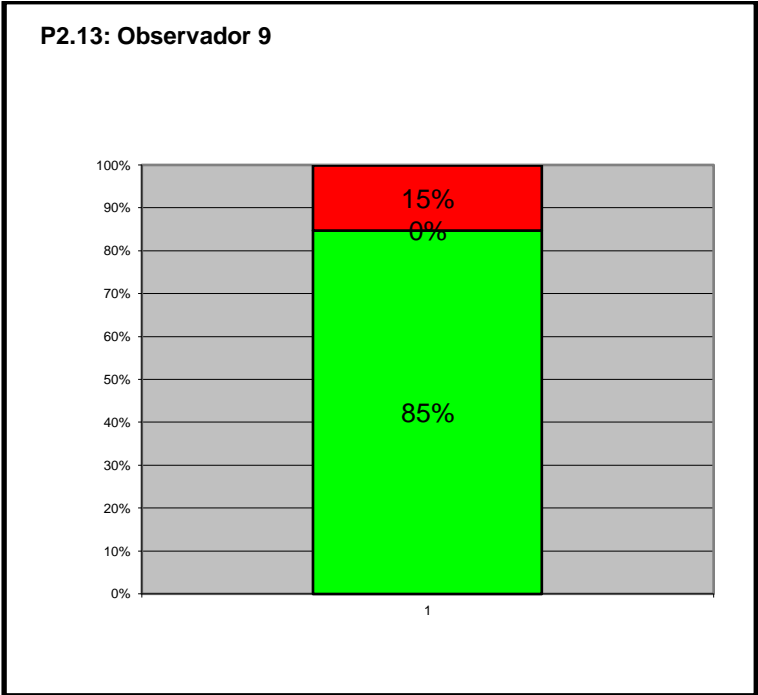


Figura 50: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.13 Motor A

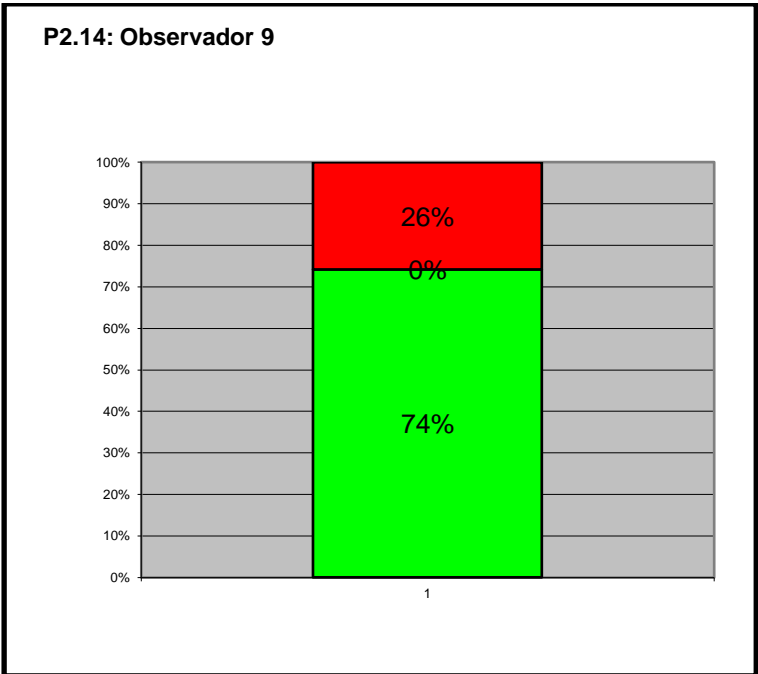
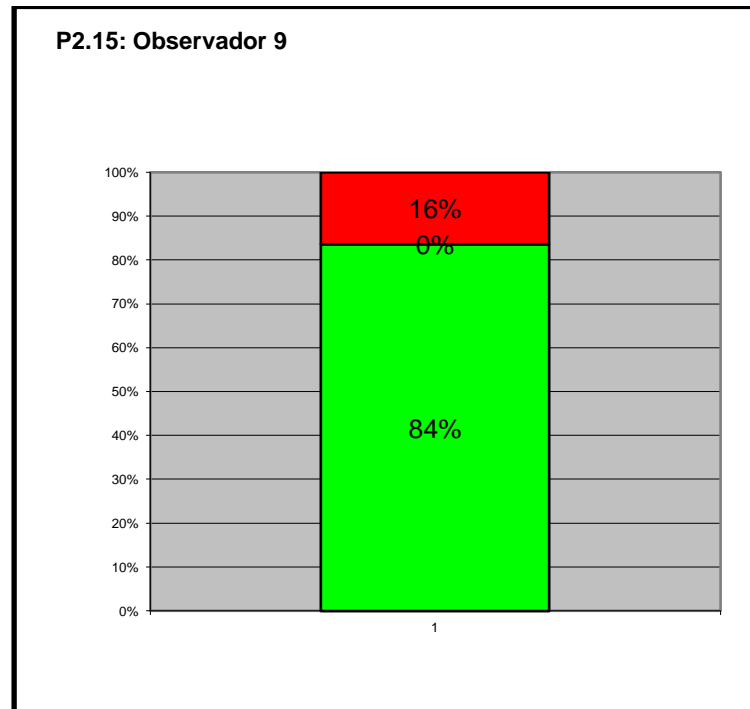


Figura 51: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.14 Motor A

Estos tres puestos de vibración y maqueta no se encuentran saturados, al ir gestionándose ellos mismos la distribución de los platos para cada puesto. Por tanto, cada puesto trabaja más o menos tiempo a cadencia continua en función de esa gestión, lógicamente todo ese tiempo parados es a la espera de platos. Así se puede ver, que el primer puesto trabaja de continuo más que el segundo, y el

segundo más que el tercero, con unos tiempos de producción del 91%, 85% y 74% respectivamente del total.

- **Puesto 2.15 (Observador 9):**



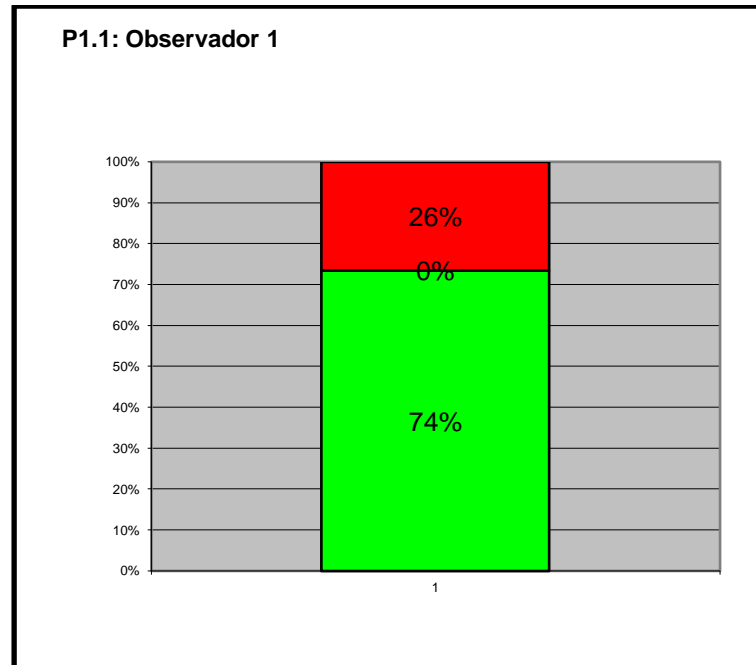
*Figura 52: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.15 Motor A*

En este último puesto, casi todas las paradas producidas son debidas a la falta de platos todavía arrastrado del puesto 2.95, ya que los tres puestos de maqueta y vibración colocados en serie, dan abasto más que de sobra para no ralentizar la cadena. Sólo hay un par de cortas paradas porque no salen platos, producidas por el puesto de embalaje, ya que al ser un puesto totalmente manual realizado por un operario, hay veces que se le pueden acumular motores al ir a cambiar el palet de embalaje o alguna distracción.

## **B) Motor B:**

Este otro motor también lleva 7 soldaduras (utiliza los dos puestos de soldadura) y difusor (lleva paso de agua), pero no lleva “Potting”.

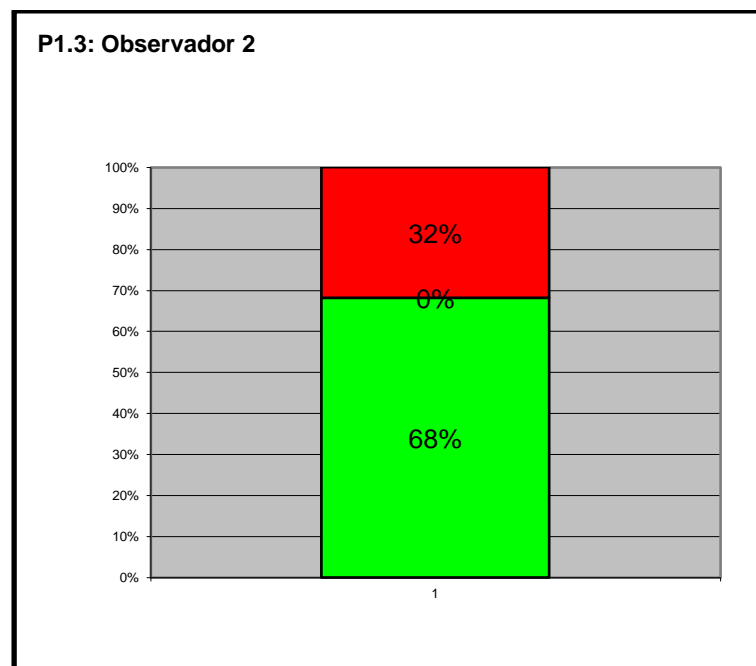
- **Puesto 1.1 (Observador 1):**



*Figura 53: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.1 Motor B*

La mayoría del tiempo despilfarrado de ese 26% se debe a que no salen platos, pero además se tiene una microparada de dos minutos y medio producida por un atasco en la tolva que contiene los topes L, solucionado por el jefe de línea del circuito 1 sin mayor complicación.

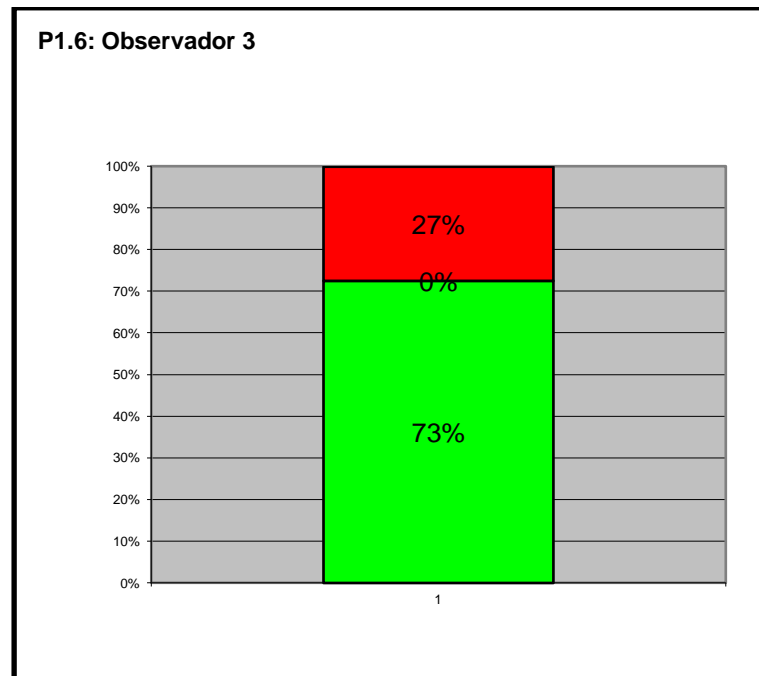
- **Puesto 1.3 (Observador 2):**



*Figura 54: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.3 Motor B*

También en este puesto, la mayoría del tiempo despilfarrado de ese 32% se debe a que no salen platos, pero además se tienen tres microparadas de unos 30 segundos cada una aproximadamente producida por ajustes necesarios del engrase ya que está dando problemas con este motor al introducir el casquillo de engrase en la torreta. El jefe de línea del circuito 1 tiene que ajustarlo y reiniciar el PLC (Controlador Lógico Programable o autómatas programables) del puesto para que inicie el ciclo.

- **Puesto 1.6 (Observador 3):**



*Figura 55: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.6 Motor B*

La mayoría del tiempo despilfarrado de ese 27% se debe a Nivel y Falta de Platos, pero además se tienen una microparada de un minuto producida por un motor que queda descolocado al realizar el volteo del motor, solucionado por el jefe de línea del circuito 1.

- **Puesto 1.7 (Observador 4):**

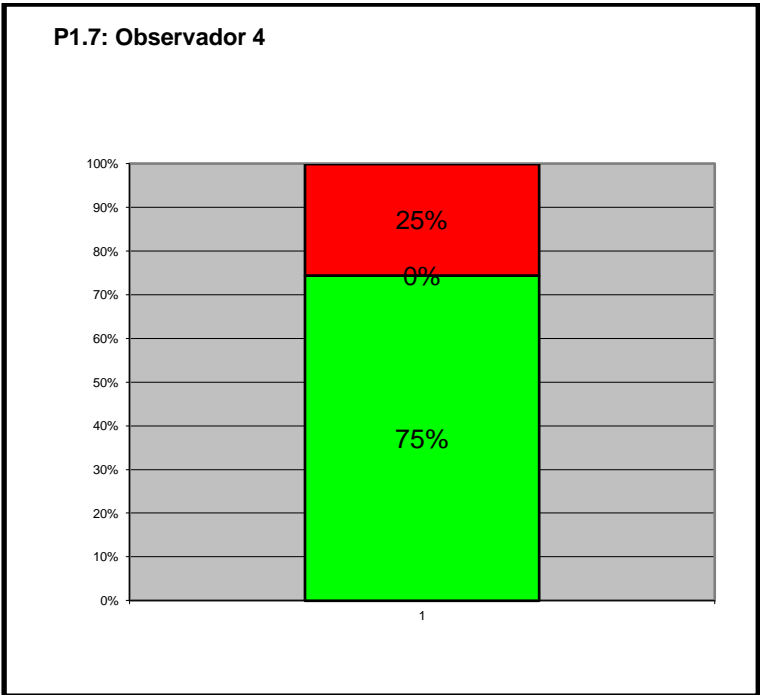


Figura 56: Gráfico Rojo/Verde Puesto 1.7 Motor B

La mayoría del tiempo despilfarrado de ese 25% se debe a Nivel y Falta de Platos, pero además se tiene una microparada de un minuto aproximadamente producida por un atasco de tuercas en el carril que las dispensa.

• **Puesto 2.2 (Observador 5):**

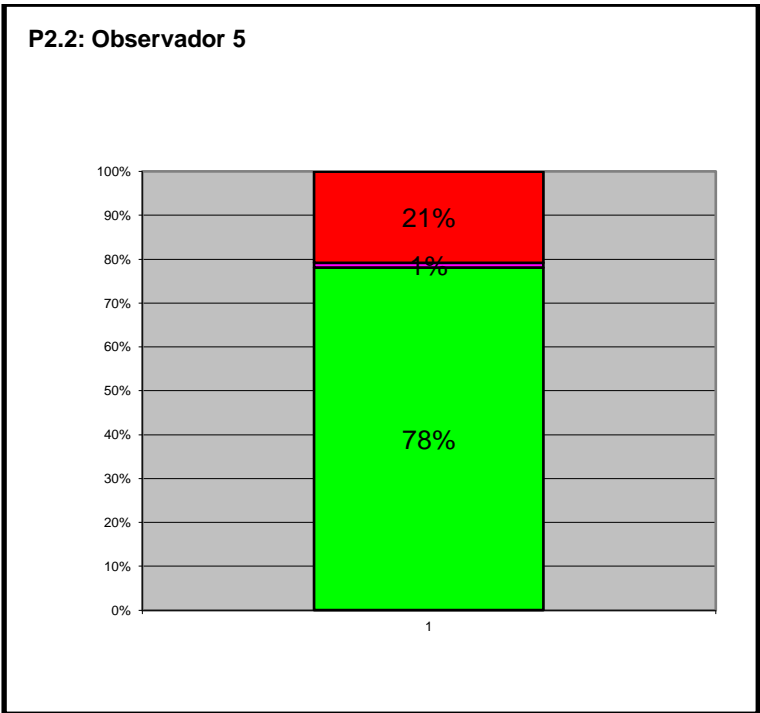
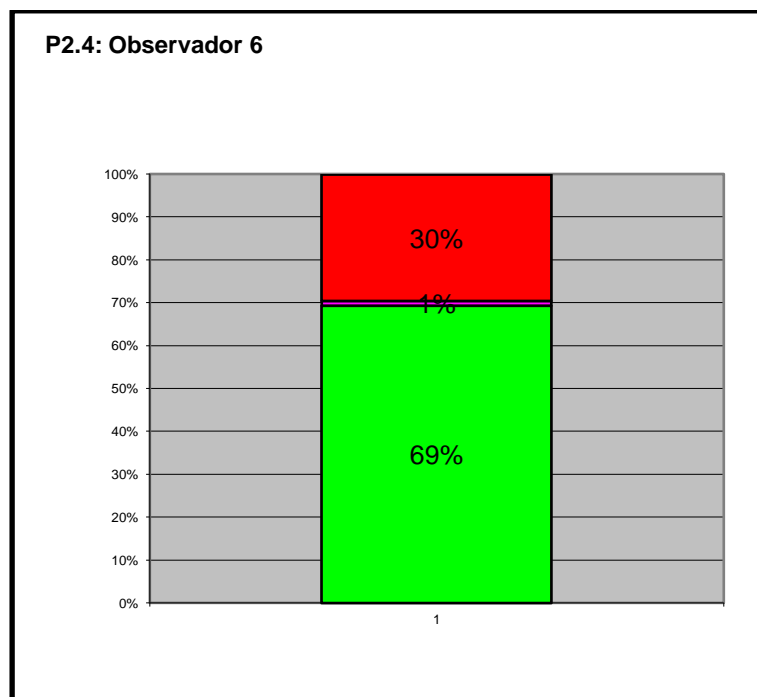


Figura 57: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.2 Motor B

Se obtiene un tiempo despilfarrado de un 21% del total, parte se debe a Nivel y Falta de Platos, pero en este caso suceden múltiples microparadas en el puesto. Se tienen seis microparadas de unos 50 segundos producidas por atasco en el lineal que alimenta las ruedas hacia el puesto y otras ocho de unos 30 segundos producidas por un mal posicionamiento en la bandeja que soporta las transmisiones, esto hace que el jefe de línea del circuito 2 tenga que estar constantemente acudiendo al puesto para subsanar los problemas.

También cabe resaltar un tiempo de parada necesario pero mejorable de un minuto, aproximadamente un 1% del tiempo total de dos horas, correspondiente a dos limpiezas realizadas en el depósito de grasa realizadas por el jefe de línea del circuito 2, para el que es necesario máquina parada.

- **Puesto 2.4 (Observador 6):**



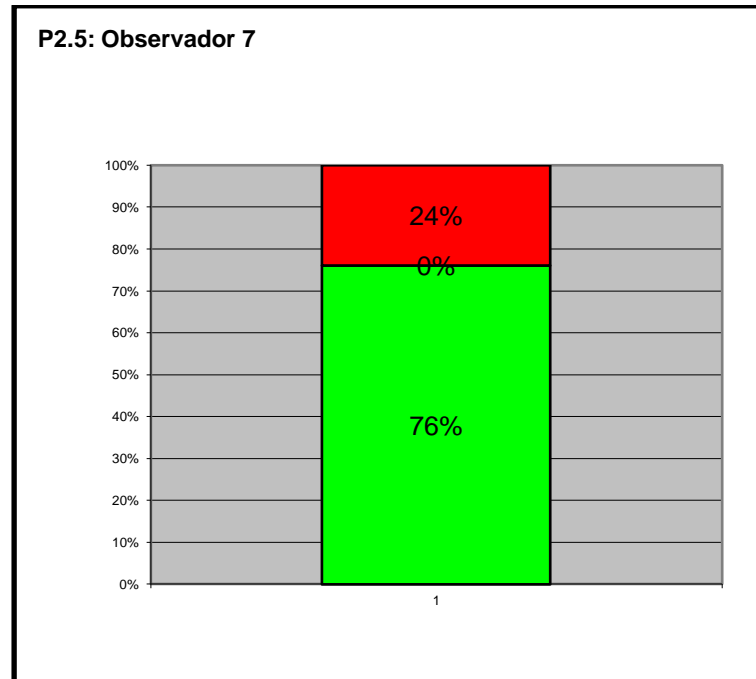
*Figura 58: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.4 Motor B*

La mayoría del tiempo despilfarrado de ese 30% se debe a Nivel y Falta de Platos, pero además suceden diez microparadas por mal posicionamiento de la tapa G sobre la carcasa G con tiempos muy variables, van desde los 20 segundos hasta incluso los 2 minutos en algún caso. Importante hacerle un seguimiento posterior para ver si continúa ocurriendo ya que son muy numerosas las microparadas por ese mismo motivo.



Además se tiene un tiempo de parada necesario pero mejorable de un minuto y medio, aproximadamente un 1% del tiempo total, correspondiente a dos controles del tope negro colocado en el anterior puesto, el 2.3, realizado por calidad, para el que se necesita parada de máquina.

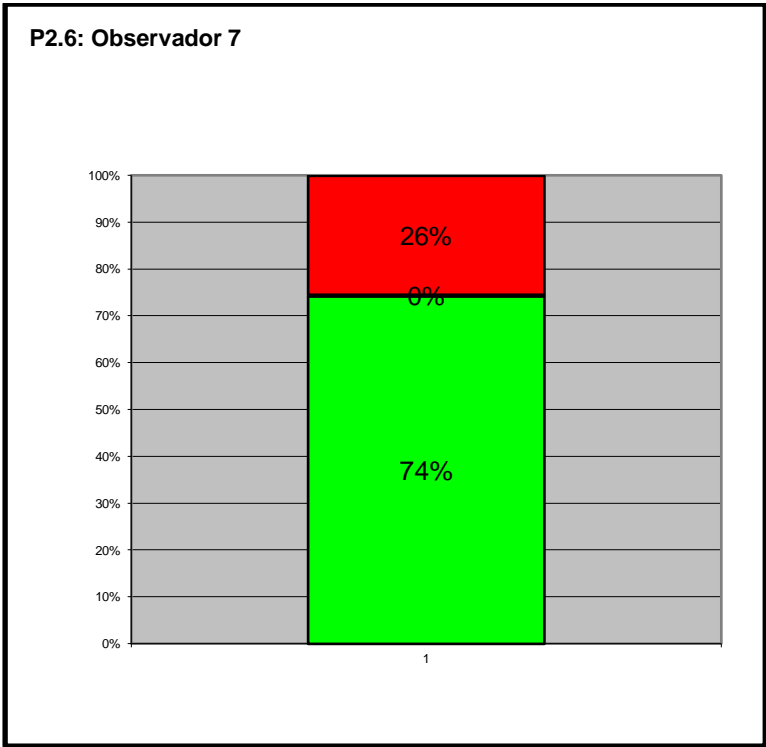
- **Puesto 2.5 (Observador 7):**



*Figura 59: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.5 Motor B*

Aunque al principio de la toma de datos ocurre un par de veces que el puesto se encuentra a la falta de platos, absolutamente todas las paradas producidas se deben a que no salen platos del puesto debido al atasco que hay en la cinta de transporte, llegando estas a suponer un 24% del total, algunas llegando incluso a suponer 2 minutos en el que el puesto se encuentra sin trabajar. En este caso es debido a que se trata de un motor que lleva, además de paso de agua (algo que no influye en estas paradas), 7 soldaduras (usando ambos puestos de soldadura), siendo de nuevo en la soldadura laser donde más se ralentiza el proceso.

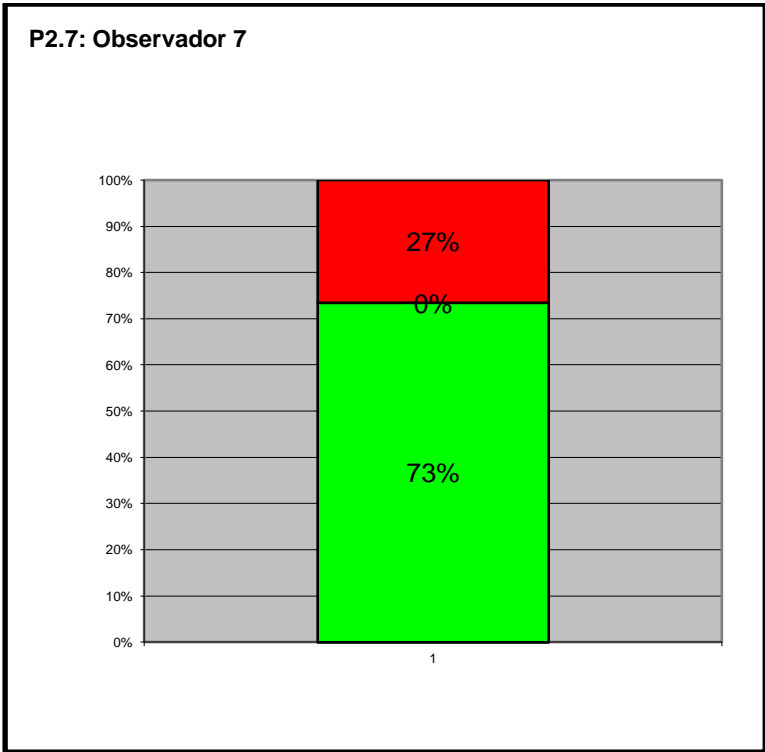
- **Puesto 2.6 (Observador 7):**



*Figura 60: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.6 Motor B*

Al igual que en el caso anterior, también se comienza con falta de platos en dos ocasiones, pero absolutamente todas las paradas producidas, se deben a que no salen platos del puesto por el atasco que hay en la cinta de transporte, llegando estas a suponer también un 26% del total.

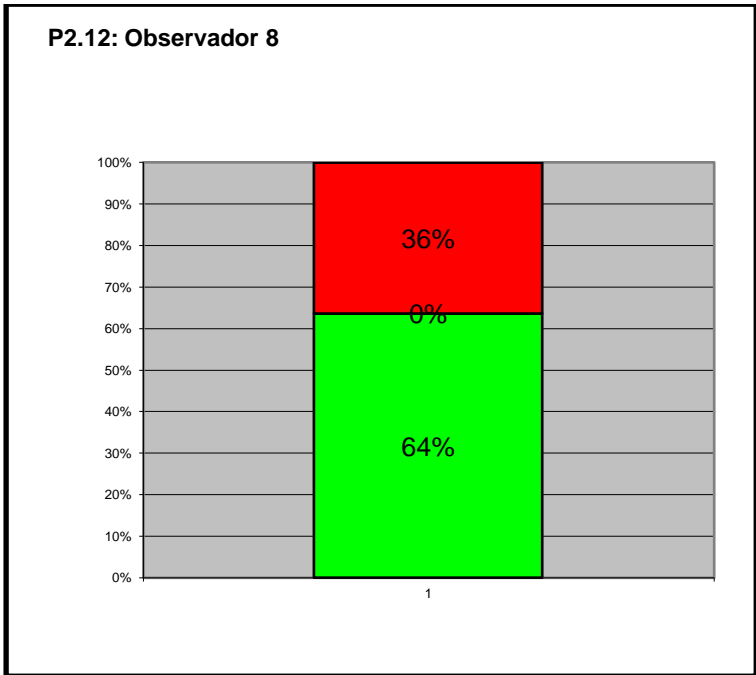
- **Puesto 2.7 (Observador 7):**



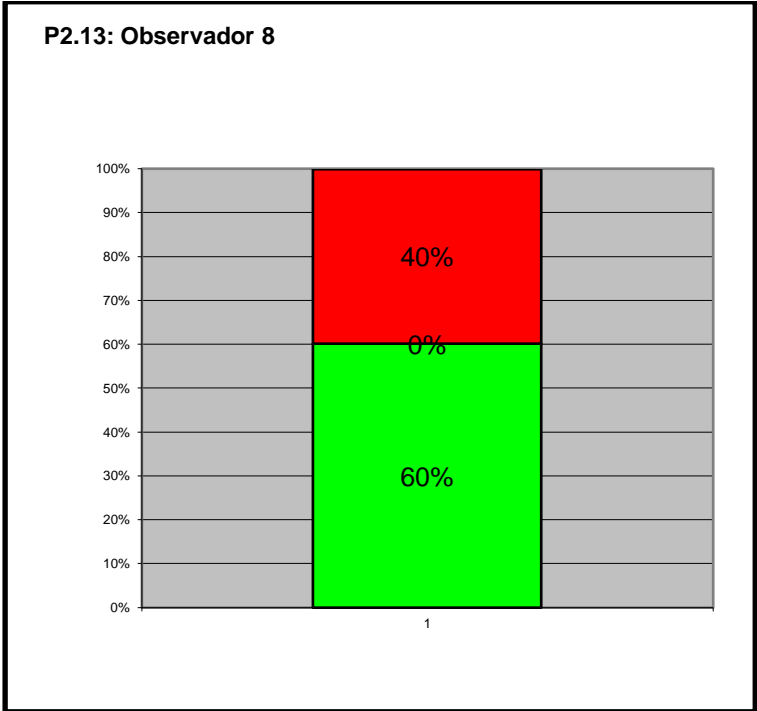
*Figura 61: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.7 Motor B*

Se continúa igual que en los dos anteriores, y cada vez incrementando el tiempo de parada un poco más, en este caso un 27% del total, debido a que cada vez se está más próximo al puesto que es cuello de botella y ralentiza al resto.

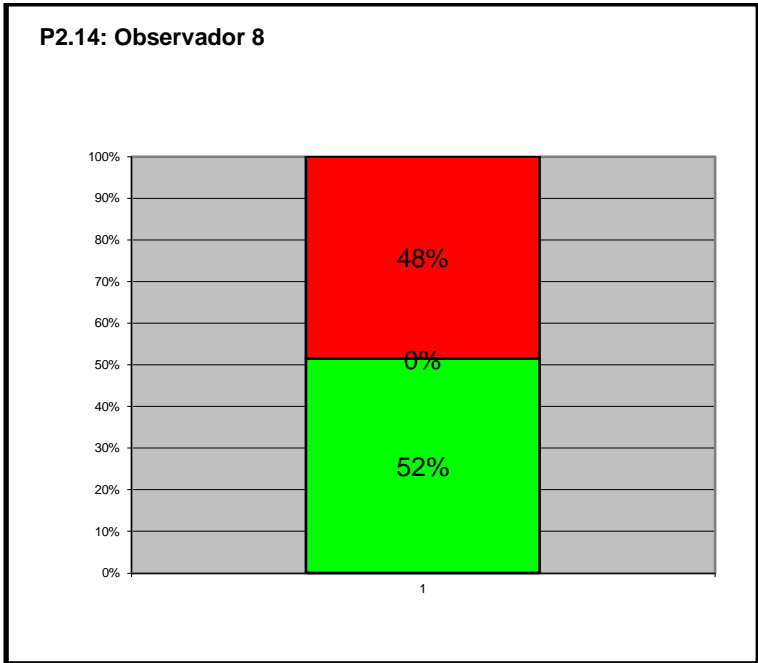
- Puestos 2.12, 2.13 y 2.14 (Observador 8)**



*Figura 62: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.12 Motor B*



*Figura 63: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.13 Motor B*



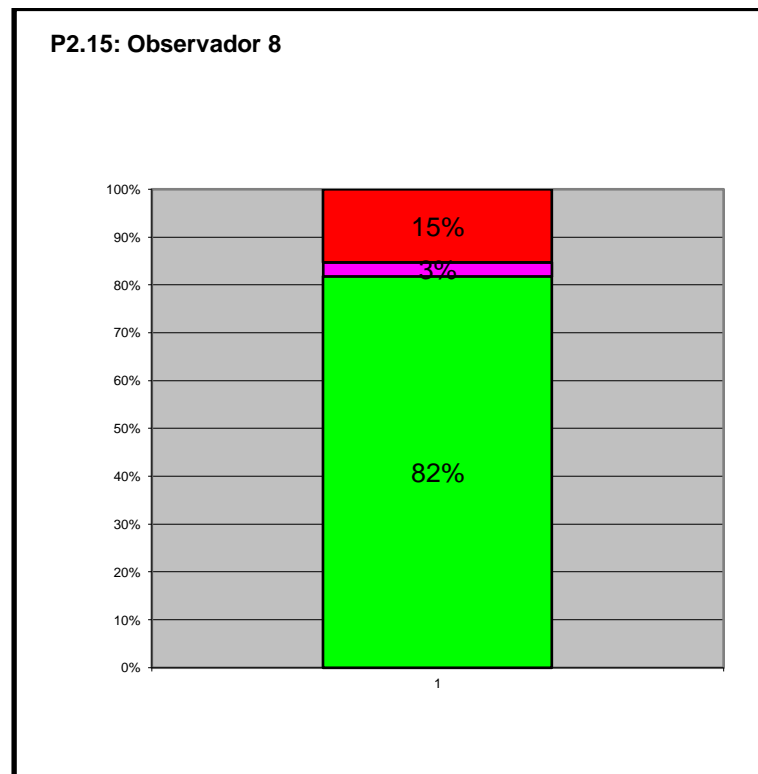
*Figura 64: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.14 Motor B*

Estos tres puestos de vibración y maqueta no se encuentran saturados, al ir gestionándose ellos mismos la distribución de los platos para cada puesto. Por tanto, cada puesto trabaja más o menos tiempo a cadencia continua en función de esa gestión, lógicamente todo ese tiempo parados es a la espera de platos. Así se puede ver, al igual que con el motor del estudio anterior, que el primer puesto

trabaja de continuo más que el segundo, y el segundo más que el tercero, con unos tiempos de producción del 64%, 60% y 52% respectivamente del total.

Se comprueba que se está desaprovechando mucho tiempo de trabajo de los tres puestos, aunque es incluso bueno para parar de vez en cuando uno de los tres y ajustarlo, sanearlo o incluso hacer pruebas. También en caso de avería de uno de ellos, no supondría demasiado trastorno y podría continuarse la producción, ya que con los otros dos se bastaría para sacarla adelante.

- **Puesto 2.15 (Observador 8)**



*Figura 65: Gráfico Rojo/Verde Puesto 2.15 Motor B*

En este último puesto, casi todas las paradas producidas son debidas a la falta de platos todavía arrastrado, ya que los tres puestos de maqueta y vibración colocados en serie, dan abasto más que de sobra para no ralentizar la cadena. Sólo hay un par de cortas paradas porque no salen platos, producidas por el puesto de embalaje, ya que al ser un puesto totalmente manual realizado por un operario, hay veces que se le pueden acumular motores, al ir a cambiar el palet de embalaje por ejemplo.

Además en esta ocasión, se tiene un 3% de tiempo necesario pero mejorable, producido por una parada de máquina necesaria para sustituir el rollo de etiquetas de la impresora. Debido a que hay que ir a otra línea de producción a por el material, se tarda bastante en sustituirla, desde que da el aviso el puesto y se para

hasta que vuelve a ponerse en funcionamiento, 3 minutos y medio. Es un claro ejemplo de que se trata de un tiempo mejorable, ya que la falta de previsión ha hecho aumentar excesivamente el tiempo de parada.

A la vista de los resultados obtenidos de ambos estudios de Rojo/Verde, se ha comprobado que no hay ningún puesto que se encuentre saturado, todos están trabajando muy por debajo de sus posibilidades, esto es debido a dos aspectos:

- En prácticamente todos los puestos existen microparadas que afectan, no sólo a ese puesto, sino también a los anteriores, taponando y no dejando salir los platos, y a los posteriores, no llegándoles platos al estar parado el puesto.
- Los puestos con mayor tiempo de ciclo ralentizan mucho el circuito 2 de la línea, son auténticos cuellos de botella que afectan a los puestos que tienen por detrás y por delante. Estos puestos con mayor tiempo de ciclo son la soldadura láser (P2.85) y el puesto del “Potting” (2.95).

Para tener unos datos más concretos se decide hacer un estudio de variabilidad, para obtener los tiempos de ciclo de cada puesto de la línea, y un estudio de microparadas, para poder comprobar que puestos tienen más paradas y de que tipo son estas.

## 4.3 Estudios de Variabilidad

Se trata de un estudio de tiempos para comprobar cómo afecta el tiempo ciclo de un puesto sobre los otros y que puestos son los que tienen el mayor tiempo de ciclo en cada circuito, haciendo de cuellos de botella.

Se realiza para todos los puestos de la línea que trabajan para cada motor, desglosando las operaciones que se realizan en cada puesto. El tiempo a tomar es el que tarda en realizarse una operación desde que empieza hasta que acaba, no se tiene en cuenta paradas del puesto por falta de platos o atascos a la salida.

Sólo es necesario un cronometro y una plantilla para ir apuntando cada tiempo. Se toman 20 tiempos de cada operación para que la muestra sea fiable.

A continuación se pasa a analizar los resultados obtenidos durante la observación para tres códigos de motores diferentes:

### A) Motor A

Se trata de un motor con “Potting” y 7 soldaduras (utiliza los dos puestos de soldadura).

Después de tomar 20 datos para cada operación, se obtienen los siguientes valores:

- **Para el circuito 1:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio	% Variabilidad
1.1 Carcasa G y placa KO	6,8	7,2	7,0	3%
1.2 Rótula y retenedor	7,1	7,3	7,2	2%
1.2 Control fuerza rótula	7,0	7,4	7,2	3%
1.3 Junta Tórica	6,6	8,4	6,8	4%
1.3 Casquillo	6,1	9,0	6,4	5%
1.3 Engrase casquillo	6,1	6,8	6,2	2%
1.4 Portaescobillas	6,2	10,7	7,4	19%
1.5 Aceitado de rótula	6,6	6,8	6,7	2%
1.5 Inducido	6,6	6,8	6,7	2%
1.6 Montaje carcasa M	6,9	7,5	7,3	5%
1.6 Volteo	7,0	7,7	7,3	5%
1.7 Atornillado carcasas	6,5	7,0	6,8	4%
1.7 Control altura tornillo	6,3	7,3	6,8	8%
1.8 Extracción pin	6,4	7,1	6,7	5%
1.8 Magnetizado	6,6	7,1	6,8	3%
1.8 Cambio circuito	5,9	7,0	6,5	10%

*Tabla 1: Variabilidad Circuito 1 Motor A*

Se observa que la variabilidad aumenta mucho para el puesto, 1.4 de montaje de la placa portaescobillas, pero si se analizan los 20 resultados se puede ver que sólo hay tres valores por encima del valor medio que son los que producen esa desviación. No se trata de valores muy significativos, ya que dependen del operario que se encuentra en el puesto 2.4 dando paso a los motores que han montado la placa portaescobillas correctamente.

- **Para el circuito 2:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio	% Variabilidad
2.1 Soldadura Placa KO	NO LLEVA SOLDADURA			
2.2 Engrase y montaje rueda	6,4	6,8	6,5	2%
2.2 Montaje transmisión	6,4	6,8	6,6	4%
2.3 Tope	5,5	6,6	6,4	16%
2.3 Junta	NO LLEVA JUNTA			
2.4 Engrase rueda	6,9	9,6	7,0	2%
2.4 Colocar tapa	6,6	8,3	7,0	6%

2.5 Atornillado	4,4	4,7	4,5	3%
2.5 Comprobación tornillos	5,7	6,1	5,8	2%
2.5 Volteo	5,7	6,0	5,8	2%
2.6 Extracción de capuchón	NO LLEVA CAPUCHÓN			
2.7 Engrase y montaje junta tórica	NO LLEVA JUNTA			
2.7 Montaje difusor	NO LLEVA DIFUSOR			
2.8 Placa electrónica	6,6	6,8	6,7	2%
2.85 Soldadura láser 1	10,6	10,7	10,6	0%
2.85 Soldadura láser 2	9,9	10,6	10,6	7%
2.9 Soldadura 1	7,5	10,9	8,6	15%
2.9 Soldadura 2	5,0	10,9	8,3	66%
2.95 Potting	10,0	10,3	10,2	2%
2.10 Tapa electrónica	NO LLEVA TAPA			
2.10 Rodaje	5,8	6,8	5,9	2%
2.10 Control de funcionamiento	5,8	6,7	6,0	3%
2.12 Vibración 1	5,9	7,0	6,3	7%
2.12 Maqueta 1	6,3	7,8	6,8	8%
2.13 Vibración 2	6,3	7,0	6,6	5%
2.13 Maqueta 2	6,6	7,6	7,1	7%
2.14 Vibración 3	6,3	6,9	6,6	5%
2.14 Maqueta 3	6,6	7,3	7,0	6%
2.15 Control Fugas	6,8	7,2	7,0	4%
2.15 Ins. Peine	NO LLEVA PEINE			
2.15 Ins. Protector eje	NO LLEVA PROTECTOR			
2.15 Etiquetadora	5,9	7,3	6,7	13%
2.16 Transvase Bueno	5,0	6,8	5,8	17%

*Tabla 2: Variabilidad Circuito 2 Motor A*

En el puesto 2.9 de soldadura como era de suponer, se obtienen dos tipos de ciclos en función de cómo se produce el llenado de platos para las dos subestaciones de soldadura, lo que hace tener esa enorme variabilidad.

Si se reordenan los resultados según el tiempo medio, se puede comprobar cuál es el cuello de botella para cada circuito:

- Para el circuito 1:**

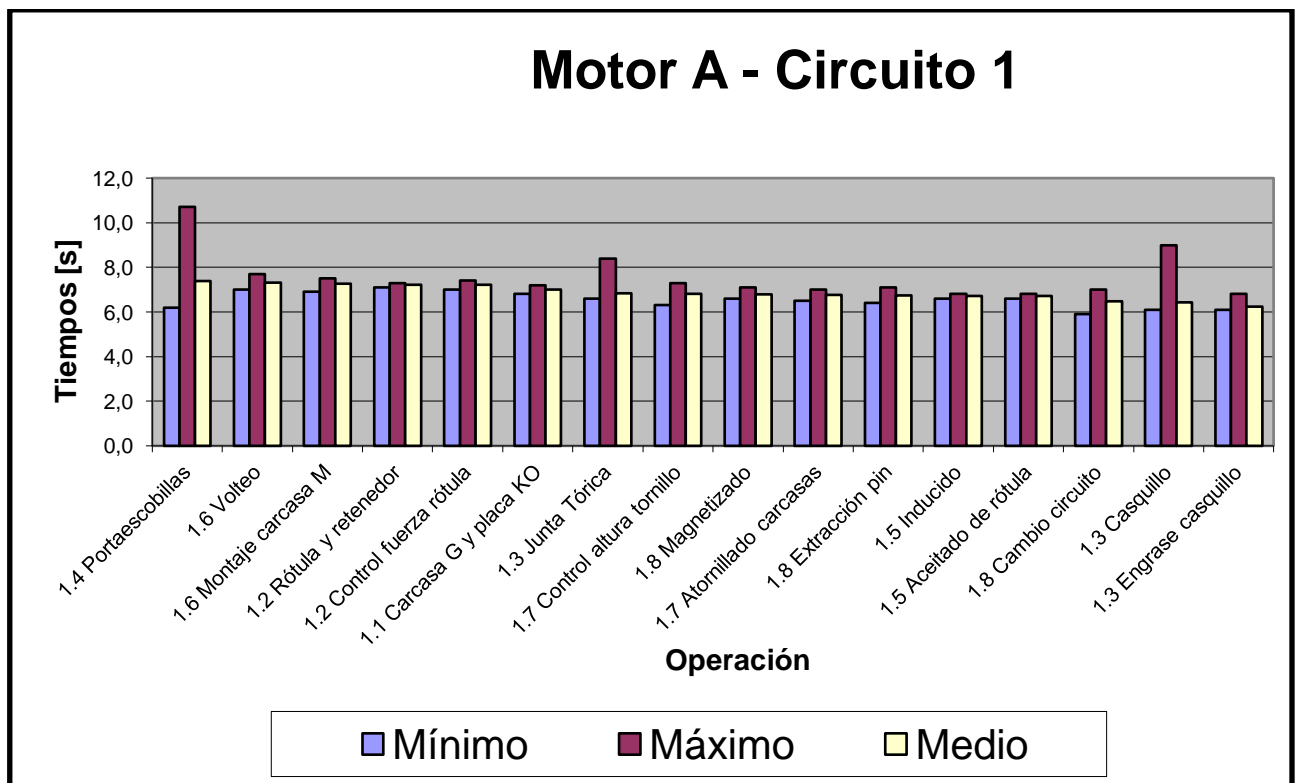
Operación	Mínimo	Máximo	Medio
1.4 Portaescobillas	6,2	10,7	7,4
1.6 Volteo	7,0	7,7	7,3
1.6 Montaje carcasa M	6,9	7,5	7,3
1.2 Rótula y retenedor	7,1	7,3	7,2
1.2 Control fuerza rótula	7,0	7,4	7,2



1.1 Carcasa G y placa KO	6,8	7,2	7,0
1.3 Junta Tórica	6,6	8,4	6,8
1.7 Control altura tornillo	6,3	7,3	6,8
1.8 Magnetizado	6,6	7,1	6,8
1.7 Atornillado carcasas	6,5	7,0	6,8
1.8 Extracción pin	6,4	7,1	6,7
1.5 Inducido	6,6	6,8	6,7
1.5 Aceitado de rótula	6,6	6,8	6,7
1.8 Cambio circuito	5,9	7,0	6,5
1.3 Casquillo	6,1	9,0	6,4
1.3 Engrase casquillo	6,1	6,8	6,2

*Tabla 3: Tiempos reordenados Circuito 1 Motor A*

Se ve que para este motor y en las circunstancias del día de recogida de datos, el puesto más lento del circuito 1 es el 1.4:



*Figura 66: Gráfico de tiempos Circuito 1 Motor A*

No obstante, no es algo a tener en cuenta ya que se obtienen tiempos muy superiores en el circuito 2.

- Para el circuito 2:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio
-----------	--------	--------	-------

2.85 Soldadura láser 1	10,6	10,7	<b>10,6</b>
2.85 Soldadura láser 2	9,9	10,6	<b>10,6</b>
2.95 Potting	10,0	10,3	<b>10,2</b>
2.9 Soldadura 1	7,5	10,9	8,6
2.9 Soldadura 2	5,0	10,9	8,3
2.13 Maqueta 2	6,6	7,6	7,1
2.15 Control Fugas	6,8	7,2	7,0
2.4 Engrase rueda	6,9	9,6	7,0
2.4 Colocar tapa	6,6	8,3	7,0
2.14 Maqueta 3	6,6	7,3	7,0
2.12 Maqueta 1	6,3	7,8	6,8
2.8 Placa electrónica	6,6	6,8	6,7
2.15 Etiquetadora	5,9	7,3	6,7
2.13 Vibración 2	6,3	7,0	6,6
2.14 Vibración 3	6,3	6,9	6,6
2.2 Montaje transmisión	6,4	6,8	6,6
2.2 Engrase y montaje rueda	6,4	6,8	6,5
2.3 Tope	5,5	6,6	6,4
2.12 Vibración 1	5,9	7,0	6,3
2.10 Control de funcionamiento	5,8	6,7	6,0
2.10 Rodaje	5,8	6,8	5,9
2.16 Transvase Bueno	5,0	6,8	5,8
2.5 Comprobación tornillos	5,7	6,1	5,8
2.5 Volteo	5,7	6,0	5,8
2.5 Atornillado	4,4	4,7	4,5

*Tabla 4: Tiempos reordenados Circuito 2 Motor A*

Como era de esperar según el estudio de rojo/verde que se realizó para un motor de esta misma familia, igual pero con difusor, se tienen dos claros cuellos de botella que ralentizan el resto de la línea, por un lado la soldadura láser, puesto 2.85, y por otro el puesto del “Potting”, puesto 2.95. Ambos puestos se encuentran fiabilizados al máximo, pero tanto por los requerimientos que se necesitan en la soldadura, como por los que se requieren en la resina que cubre la electrónica, no se pueden disminuir esos tiempos, son dos puestos que trabajan muy constantes y están muy optimizados.

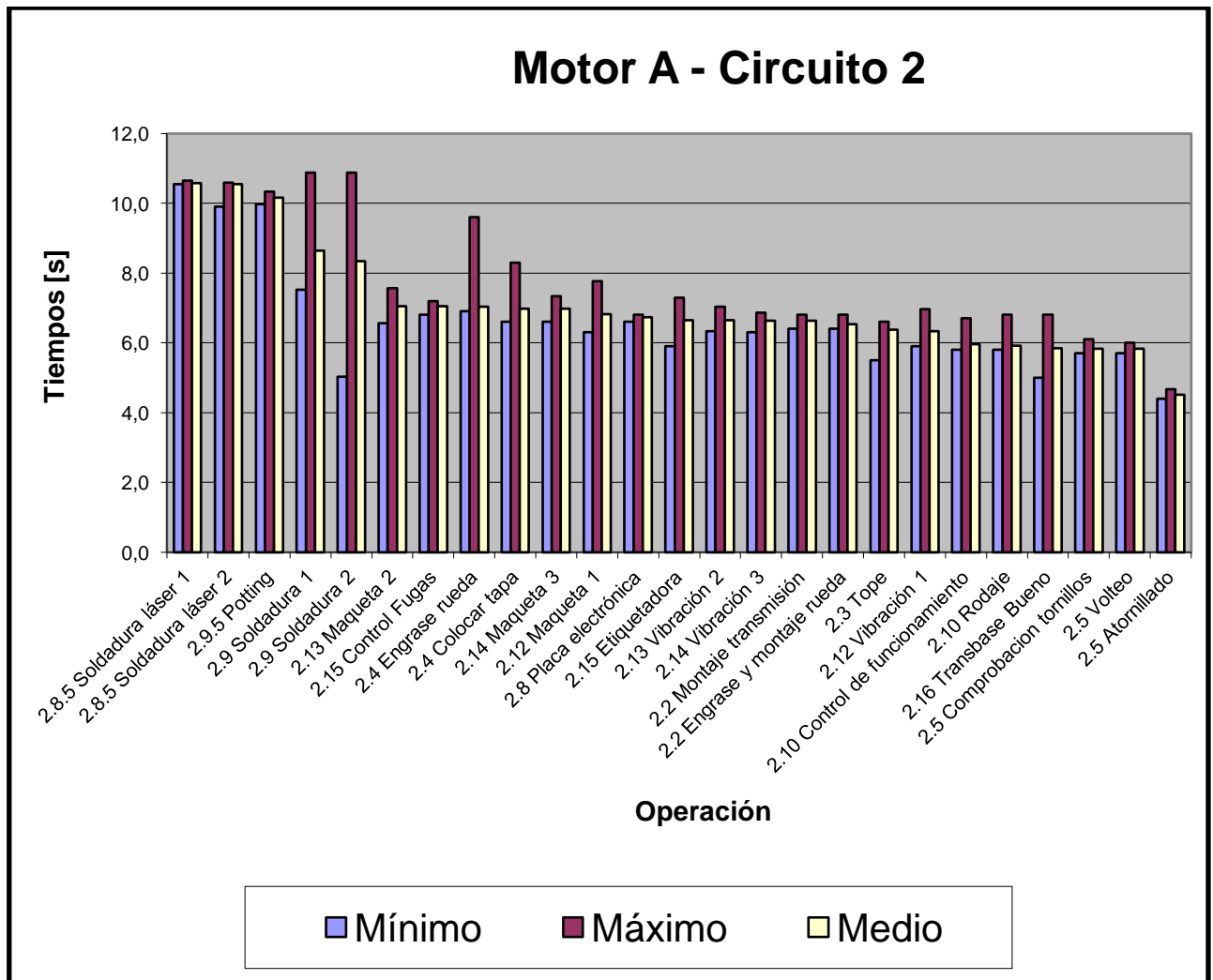


Figura 67: Gráfico de tiempos Circuito 2 Motor A

Por tanto, para este Motor A, con “Potting” y 7 soldaduras, se tienen dos puestos que ralentizan la línea, la soldadura láser, puesto 2.85, y el puesto del “Potting”, puesto 2.95.

## B) Motor B

Este otro motor también lleva 7 soldaduras (utiliza los dos puestos de soldadura) y difusor (lleva paso de agua), pero no lleva “Potting”.

Después de tomar 20 datos para cada operación, se obtienen los siguientes valores:

- **Para el circuito 1:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio	% Variabilidad
1.1 Carcasa G y placa KO	6,6	7,1	7,0	6%
1.2 Rótula y retenedor	7,0	7,6	7,2	3%
1.2 Control fuerza rótula	6,6	6,9	6,7	2%

1.3 Junta Tórica	6,7	6,8	6,8	1%
1.3 Casquillo	6,1	6,3	6,2	1%
1.3 Engrase casquillo	6,1	6,2	6,2	1%
1.4 Portaescobillas	6,1	8,5	6,9	14%
1.5 Aceitado de rótula	5,3	6,1	5,7	8%
1.5 Inducido	3,8	6,2	5,8	51%
1.6 Montaje carcasa M	7,2	8,3	7,9	10%
1.6 Volteo	7,7	8,3	7,9	3%
1.7 Atornillado carcasas	7,6	9,8	8,7	15%
1.7 Control altura tornillo	7,5	9,8	8,7	16%
1.8 Extracción pin	6,4	8,6	7,2	12%
1.8 Magnetizado	7,1	9,6	7,5	6%
1.8 Cambio circuito	6,1	10,9	7,6	24%

*Tabla 5: Variabilidad Circuito 1 Motor B*

Se observa que la variabilidad aumenta mucho para el puesto, 1.5 de montaje del inducido, pero si se analizan los 20 resultados se puede ver que sólo hay dos valores por debajo del valor medio que son los que producen esa desviación. No se trata de valores muy significativos, ocurren cíclicamente cuando el manipulador va a cambiar de fila en la caja que suministra los inducidos.

- **Para el circuito 2:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio	% Variabilidad
2.1 Soldadura Placa KO	NO LLEVA SOLDADURA			
2.2 Engrase y montaje rueda	5,2	6,8	6,5	24%
2.2 Montaje transmisión	6,6	9,6	6,9	4%
2.3 Tope	5,4	7,0	6,5	21%
2.3 Junta	NO LLEVA JUNTA			
2.4 Engrase rueda	6,8	9,7	7,2	6%
2.4 Colocar tapa	6,3	9,7	7,1	13%
2.5 Atornillado	4,7	4,8	4,8	1%
2.5 Comprobación tornillos	5,8	6,2	6,0	3%
2.5 Volteo	5,9	6,2	6,0	2%
2.6 Extracción de capuchón	6,1	7,5	7,1	16%
2.7 Engrase y montaje junta tórica	7,4	7,6	7,4	0%
2.7 Montaje difusor	6,6	7,5	7,3	11%
2.8 Placa electrónica	6,4	7,9	6,7	5%
2.85 Soldadura láser 1	10,5	10,6	10,5	0%
2.85 Soldadura láser 2	10,5	10,6	10,5	0%
2.9 Soldadura 1	7,5	11,3	9,0	20%
2.9 Soldadura 2	7,5	11,3	9,0	21%
2.95 Potting	NO LLEVA POTTING			

2.10 Tapa electrónica	5,7	6,0	5,9	3%
2.10 Rodaje	5,4	6,0	5,9	9%
2.10 Control de funcionamiento	5,4	6,0	5,8	8%
2.12 Vibración 1	6,2	7,1	6,6	6%
2.12 Maqueta 1	6,7	7,7	7,0	5%
2.13 Vibración 2	6,7	7,3	7,0	4%
2.13 Maqueta 2	6,9	7,6	7,3	5%
2.14 Vibración 3	5,5	7,5	6,0	8%
2.14 Maqueta 3	6,6	7,5	6,9	6%
2.15 Control Fugas	8,1	8,5	8,4	3%
2.15 Ins. Peine	NO LLEVA PEINE			
2.15 Ins. Protector eje	8,1	8,5	8,4	3%
2.15 Etiquetadora	8,1	8,5	8,4	3%
2.16 Trasvase Bueno	4,8	7,0	6,2	30%

*Tabla 6: Variabilidad Circuito 2 Motor B*

En este caso, en el puesto 2.9 de soldadura, también se obtienen dos tipos de ciclos en función de cómo se produce el llenado de platos para las dos subestaciones de soldadura, pero se aproximan más a la media y por tanto se tiene una menor variabilidad.

Sin embargo, se tienen otros dos puestos que superan a este, el engrase y montaje de rueda, el 2.2, y el transvase entre circuitos, el 2.16, ambos son debidos a dos valores inferiores al medio que lo desvían por completo, de ahí la necesidad de tomar 20 muestras como mínimo para que estos valores interfieran lo mínimo posible.

Si se reordenan los resultados según el tiempo medio, se puede comprobar cuál es el cuello de botella para cada circuito:

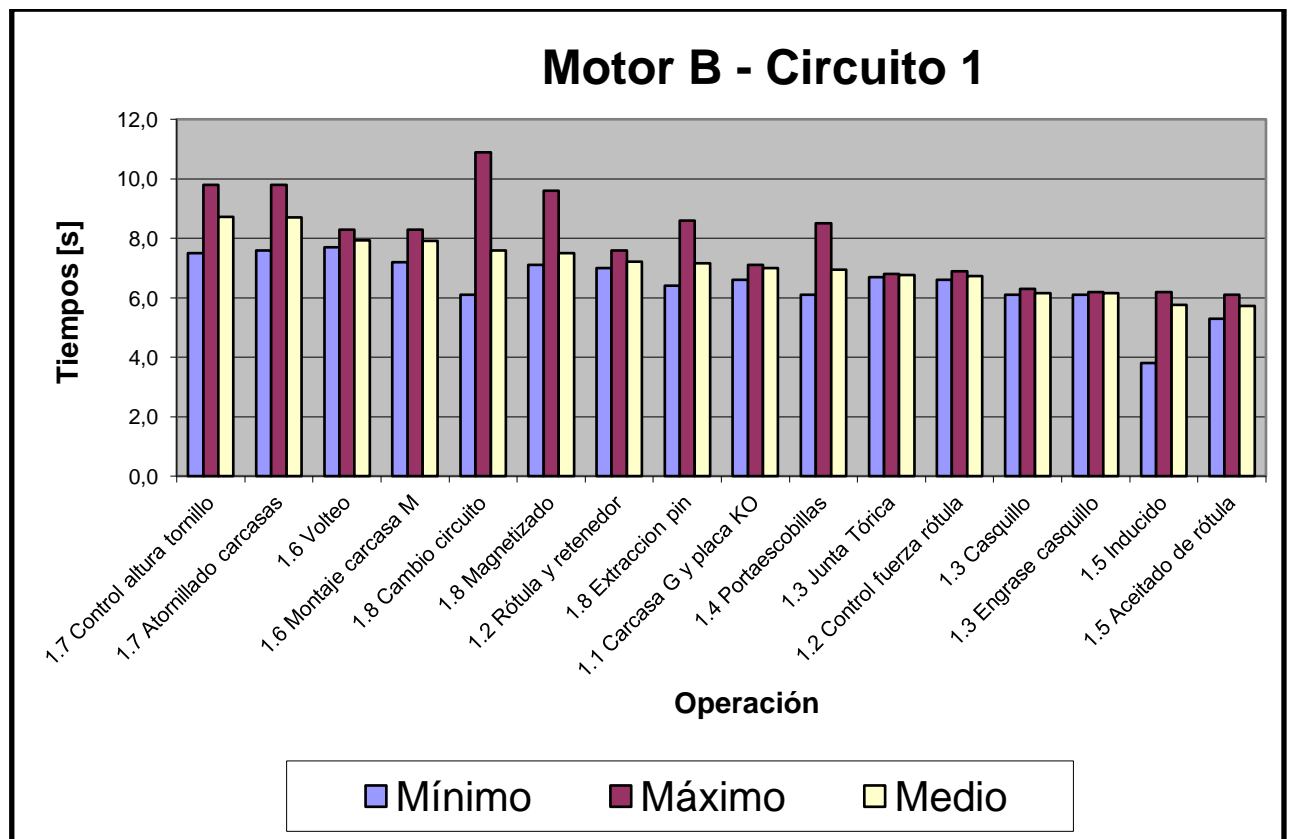
- **Para el circuito 1:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio
1.7 Control altura tornillo	7,5	9,8	8,7
1.7 Atornillado carcasas	7,6	9,8	8,7
1.6 Volteo	7,7	8,3	7,9
1.6 Montaje carcasa M	7,2	8,3	7,9
1.8 Cambio circuito	6,1	10,9	7,6
1.8 Magnetizado	7,1	9,6	7,5
1.2 Rótula y retenedor	7,0	7,6	7,2
1.8 Extracción pin	6,4	8,6	7,2
1.1 Carcasa G y placa KO	6,6	7,1	7,0

1.4 Portaescobillas	6,1	8,5	6,9
1.3 Junta Tórica	6,7	6,8	6,8
1.2 Control fuerza rótula	6,6	6,9	6,7
1.3 Casquillo	6,1	6,3	6,2
1.3 Engrase casquillo	6,1	6,2	6,2
1.5 Inducido	3,8	6,2	5,8
1.5 Aceitado de rótula	5,3	6,1	5,7

*Tabla 7: Tiempos reordenados Circuito 1 Motor B*

En este caso, para este motor y en las circunstancias del día de recogida de datos, el puesto más lento del circuito 1 es el 1.7:



*Figura 68: Gráfico de tiempos Circuito 1 Motor B*

No obstante, no es algo a tener en cuenta ya que se obtienen tiempos muy superiores en el circuito 2.

- **Para el circuito 2:**

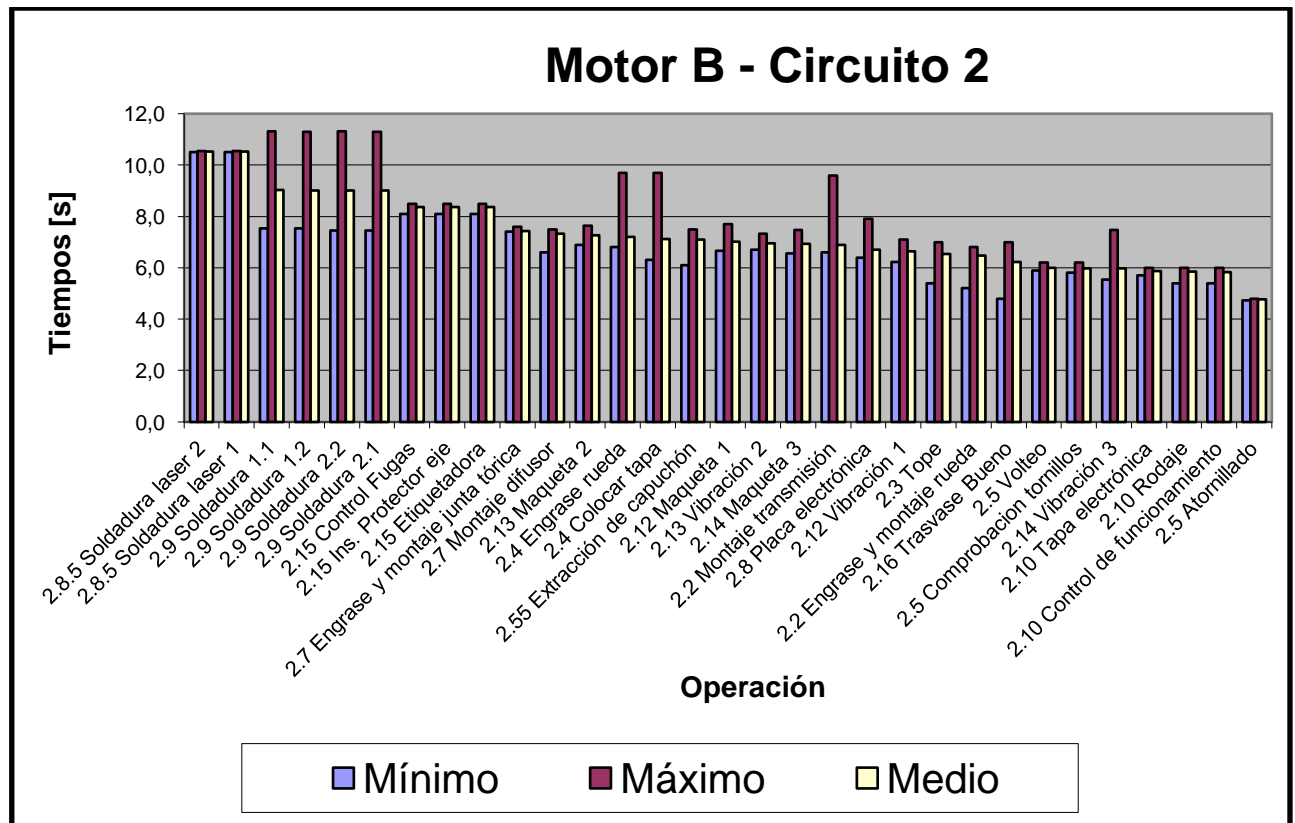
Operación	Mínimo	Máximo	Medio
2.85 Soldadura láser 2	10,5	10,6	<b>10,5</b>
2.85 Soldadura láser 1	10,5	10,6	<b>10,5</b>
2.9 Soldadura 1	7,5	11,3	9,0

2.9 Soldadura 2	7,5	11,3	9,0
2.15 Control Fugas	8,1	8,5	8,4
2.15 Ins. Protector eje	8,1	8,5	8,4
2.15 Etiquetadora	8,1	8,5	8,4
2.7 Engrase y montaje junta tórica	7,4	7,6	7,4
2.7 Montaje difusor	6,6	7,5	7,3
2.13 Maqueta 2	6,9	7,6	7,3
2.4 Engrase rueda	6,8	9,7	7,2
2.4 Colocar tapa	6,3	9,7	7,1
2.6 Extracción de capuchón	6,1	7,5	7,1
2.12 Maqueta 1	6,7	7,7	7,0
2.13 Vibración 2	6,7	7,3	7,0
2.14 Maqueta 3	6,6	7,5	6,9
2.2 Montaje transmisión	6,6	9,6	6,9
2.8 Placa electrónica	6,4	7,9	6,7
2.12 Vibración 1	6,2	7,1	6,6
2.3 Tope	5,4	7,0	6,5
2.2 Engrase y montaje rueda	5,2	6,8	6,5
2.16 Trasvase Bueno	4,8	7,0	6,2
2.5 Volteo	5,9	6,2	6,0
2.5 Comprobación tornillos	5,8	6,2	6,0
2.14 Vibración 3	5,5	7,5	6,0
2.10 Tapa electrónica	5,7	6,0	5,9
2.10 Rodaje	5,4	6,0	5,9
2.10 Control de funcionamiento	5,4	6,0	5,8
2.5 Atornillado	4,7	4,8	4,8

*Tabla 8: Tiempos reordenados Circuito 2 Motor B*

Como era de esperar según el estudio de rojo/verde que se realizó para este mismo motor y al igual que en el motor anterior, se tiene un claro cuello de botella que ralentiza el resto de la línea, la soldadura láser, puesto 2.85, puesto que este motor no lleva “Potting”, que era el otro puesto conflictivo.

Este puesto se encuentra fiabilizado al máximo, pero por los requerimientos que se necesitan en la soldadura, no se pueden disminuir esos tiempos, es un puesto que trabaja muy constante y está optimizado al máximo.



*Figura 69: Gráfico de tiempos Circuito 2 Motor B*

Por tanto, para este Motor B, con 7 soldaduras y difusor, se tiene un puesto que ralentiza la línea, la soldadura láser, puesto 2.85.

### C) Motor C

Este motor forma parte de la familia más sencilla que se fabrica en esta línea, se trata del motor con menos componentes, no sólo no lleva ni “Potting” ni difusor, sino que tampoco lleva placa electrónica y por tanto tampoco soldadura ni tapa electrónica.

Después de tomar 20 datos para cada operación, se obtienen los siguientes valores:

- Para el circuito 1:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio	% Variabilidad
1.1 Carcasa G y placa KO	6,8	6,9	6,9	1%
1.2 Rótula y retenedor	7,2	7,4	7,2	0%
1.2 Control fuerza rótula	6,7	7,3	7,1	6%
1.3 Junta Tórica	6,2	6,9	6,8	9%
1.3 Casquillo	6,7	7,3	6,8	2%
1.3 Engrase casquillo	6,2	6,9	6,8	9%
1.4 Portaescobillas	6,7	7,5	6,9	4%



1.5 Aceitado de rótula	5,2	7,2	6,2	20%
1.5 Inducido	6,0	7,1	6,3	5%
1.6 Montaje carcasa M	7,3	7,7	7,6	4%
1.6 Volteo	7,2	7,9	7,7	7%
1.7 Atornillado carcasas	6,6	6,9	6,8	3%
1.7 Control altura tornillo	6,1	7,2	6,8	11%
1.8 Extracción pin	6,6	7,1	7,0	6%
1.8 Magnetizado	7,0	7,2	7,1	1%
1.8 Cambio circuito	6,9	7,5	7,1	2%

*Tabla 9: Variabilidad Circuito 1 Motor C*

Se observa que la variabilidad aumenta mucho para el puesto 1.5, antes de colocar el inducido, en el aceitado de rótula, pero si se analizan los 20 resultados se puede ver que sólo hay dos valores por encima del valor medio que son los que producen esa desviación. No se le da mucha importancia al ser sólo dos valores en la muestra de 20.

- **Para el circuito 2:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio	% Variabilidad
2.1 Soldadura Placa KO	NO LLEVA SOLDADURA			
2.2 Engrase y montaje rueda	6,4	6,6	6,5	1%
2.2 Montaje transmisión	6,6	6,9	6,8	3%
2.3 Tope	6,4	6,7	6,5	2%
2.3 Junta	NO LLEVA JUNTA			
2.4 Engrase rueda	5,4	5,7	5,6	4%
2.4 Colocar tapa	5,4	5,8	5,6	3%
2.5 Atornillado	4,7	4,9	4,8	2%
2.5 Comprobación tornillos	6,6	6,8	6,7	2%
2.5 Volteo	6,6	6,8	6,7	1%
2.6 Extracción de capuchón	NO LLEVA CAPUCHÓN			
2.7 Engrase y montaje junta tórica	NO LLEVA JUNTA			
2.7 Montaje difusor	NO LLEVA DIFUSOR			
2.8 Placa electrónica				
2.85 Soldadura láser	NO LLEVA ELECTRÓNICA			
2.9 Soldadura				
2.95 Potting	NO LLEVA POTTING			
2.10 Tapa electrónica	NO LLEVA TAPA			
2.10 Rodaje	6,4	8,8	7,6	19%
2.10 Control de funcionamiento	5,9	8,8	7,6	29%
2.12 Vibración 1	5,4	5,9	5,6	3%
2.12 Maqueta 1	5,5	7,5	6,6	21%

2.13 Vibración 2	5,7	6,0	5,8	1%
2.13 Maqueta 2	5,9	7,0	6,4	10%
2.14 Vibración 3	5,5	5,7	5,5	1%
2.14 Maqueta 3	5,5	7,3	6,2	12%
2.15 Ins. Peine	NO LLEVA PEINE			
2.15 Ins. Protector eje	NO LLEVA PROTECTOR			
2.15 Etiquetadora	5,4	5,9	5,8	8%
2.16 Trasvase Bueno	6,1	6,4	6,2	2%

*Tabla 10: Variabilidad Circuito 2 Motor C*

En el puesto 2.10 se observa una descompensación en los ciclos, tanto en el rodaje como en el control de funcionamiento, debida a la forma que tiene este puesto de leer la antenna que llevan los platos de transporte para este motor. Al posicionarse dos platos a la vez, se va teniendo un ciclo por debajo del valor medio y otro por encima cada vez.

Si se reordenan los resultados según el tiempo medio, se puede comprobar cuál es el cuello de botella para cada circuito:

- **Para el circuito 1:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio
1.6 Volteo	7,2	7,9	<b>7,7</b>
1.6 Montaje carcasa M	7,3	7,7	<b>7,6</b>
1.2 Rótula y retenedor	7,2	7,4	7,2
1.2 Control fuerza rótula	6,7	7,3	7,1
1.8 Magnetizado	7,0	7,2	7,1
1.8 Cambio circuito	6,9	7,5	7,1
1.8 Extracción pin	6,6	7,1	7,0
1.4 Portaescobillas	6,7	7,5	6,9
1.1 Carcasa G y placa KO	6,8	6,9	6,9
1.3 Casquillo	6,7	7,3	6,8
1.7 Atornillado carcasas	6,6	6,9	6,8
1.3 Engrase casquillo	6,2	6,9	6,8
1.3 Junta Tórica	6,2	6,9	6,8
1.7 Control altura tornillo	6,1	7,2	6,8
1.5 Inducido	6,0	7,1	6,3
1.5 Aceitado de rótula	5,2	7,2	6,2

*Tabla 11: Tiempos reordenados Circuito 1 Motor C*

Se observa que para este motor, si que se tiene el cuello de botella en el circuito 1, concretamente en el puesto 1.6 debido al modo en el que se realiza el volteo del motor, se realiza mediante un brazo articulado muy voluminoso que necesita girar sobre su propio eje para dejar el motor de nuevo en su plato de transporte de la forma requerida. Realmente ese es el cuello de botella, luego se está observando que el montaje de la carcasa M trabaja al ritmo que le va marcando el volteo, aún siendo una operación posterior:

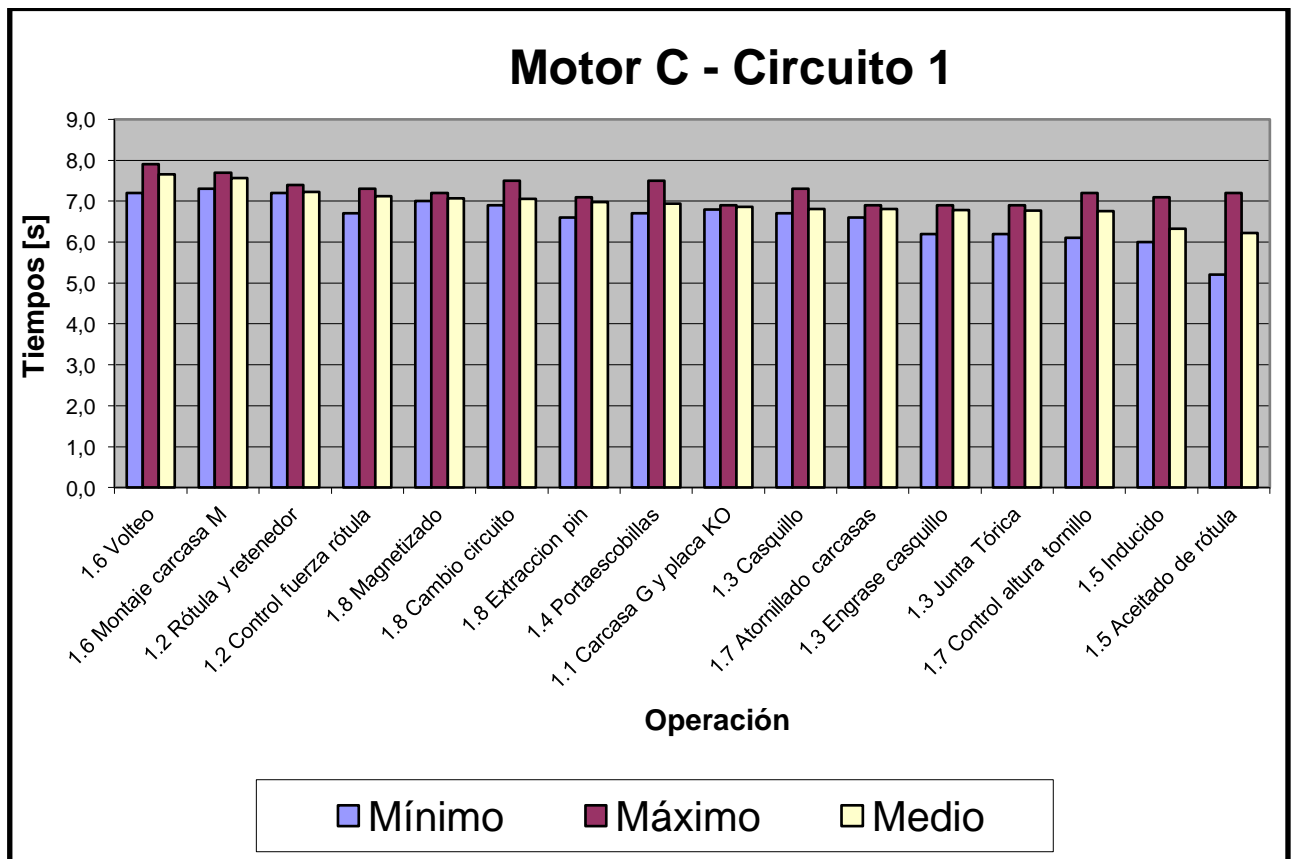


Figura 70: Gráfico de tiempos Circuito 1 Motor C

Al ser un motor tan sencillo, no lleva ni placa electrónica (y por tanto tampoco soldaduras), ni “Potting”, ni difusor (al no llevar paso de agua), se eliminan los que hasta el momento eran los cuellos de botella en el circuito 2, aunque muy próximos a los del circuito 1.

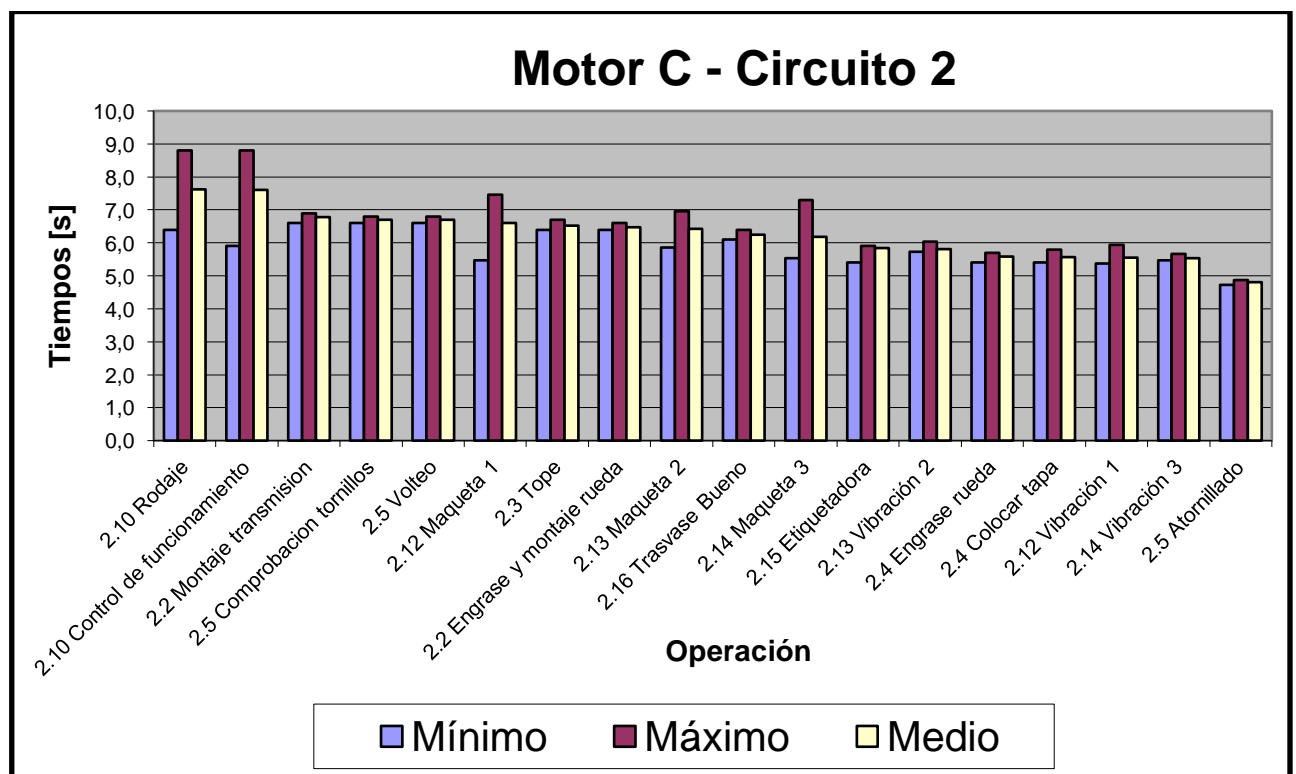
- **Para el circuito 2:**

Operación	Mínimo	Máximo	Medio
2.10 Rodaje	6,4	8,8	7,6
2.10 Control de funcionamiento	5,9	8,8	7,6
2.2 Montaje transmisión	6,6	6,9	6,8
2.5 Comprobación tornillos	6,6	6,8	6,7

2.5 Volteo	6,6	6,8	6,7
2.12 Maqueta 1	5,5	7,5	6,6
2.3 Tope	6,4	6,7	6,5
2.2 Engrase y montaje rueda	6,4	6,6	6,5
2.13 Maqueta 2	5,9	7,0	6,4
2.16 Trasvase Bueno	6,1	6,4	6,2
2.14 Maqueta 3	5,5	7,3	6,2
2.15 Etiquetadora	5,4	5,9	5,8
2.13 Vibración 2	5,7	6,0	5,8
2.4 Engrase rueda	5,4	5,7	5,6
2.4 Colocar tapa	5,4	5,8	5,6
2.12 Vibración 1	5,4	5,9	5,6
2.14 Vibración 3	5,5	5,7	5,5
2.5 Atornillado	4,7	4,9	4,8

*Tabla 12: Tiempos reordenados Circuito 2 Motor C*

Aunque realmente el cuello de botella se encuentra en el circuito 1, puesto 1.6, la descompensación de ciclos que se tienen en el puesto 2.10, hace que se esté muy próximo a los tiempos medios del cuello de botella:



*Figura 71: Gráfico de tiempos Circuito 2 Motor C*

Por tanto, para este Motor C, sin placa electrónica (y por tanto tampoco soldaduras), ni “Potting”, ni difusor, se tiene que el puesto que ralentiza la línea es el puesto 1.6 al realizar el volteo del motor.

Resumiendo para los tres tipos de motores, se obtiene los siguientes cuellos de botella:

	Operación	Mínimo	Máximo	Medio
<b>Motor A</b> (Potting con 7 soldaduras)	2.8.5 Soldadura laser 1	10,6	10,7	10,6
	2.8.5 Soldadura laser 2	9,9	10,6	10,6
	2.9.5 Potting	10,0	10,3	10,2
<b>Motor B</b> (7 soldaduras con difusor)	2.8.5 Soldadura laser 2	10,5	10,6	10,5
	2.8.5 Soldadura laser 1	10,5	10,6	10,5
<b>Motor C</b>	1.6 Volteo	7,2	7,9	7,7
	1.6 Montaje carcasa M	7,3	7,7	7,6

*Tabla 13: Resumen Motores A, B y C*

Como ya se pudo ver en los estudios de Rojo/Verde realizados, en los motores con “Potting” y 7 soldaduras, la gran mayoría, los puestos que tienen mayor tiempo de ciclo son la soldadura láser y el puesto del “Potting”. Ambos puestos se encuentran fiabilizados al máximo, pero tanto por los requerimientos que se necesitan en la soldadura, como por los que se requieren en la resina que cubre la electrónica, no se pueden disminuir esos tiempos, son dos puestos que trabajan muy constantes y están muy optimizados.

Se necesita un estudio más para decidir sobre que puestos actuar, ya que los puestos con mayor tiempo de ciclo se encuentran plenamente fiabilizados, un estudio de las microparadas que ocurren en cada puesto.

## 4.4 Estudios de Microparadas

Con este estudio, se trata de contabilizar todas las microparadas que ocurran, paradas no superiores a 5 minutos y que no sea necesario que acuda un equipo de mantenimiento.

Para este estudio, se coloca una hoja en cada puesto con los problemas más usuales que suelen ocurrir, siendo estos el error que muestra el PLC (Controlador Lógico Programable o autómatas programables) por pantalla, para una rápida identificación. Además se dejan unos cuantos huecos libres por si surgiera cualquier otro problema, que también sea apuntado.

En este estudio no es necesario estar presente, es el propio operario de la línea al ir a solventar el problema del puesto, el que tiene que colocar una marca en el error correspondiente para luego poder contabilizarlo; el operario de la línea es el primer

interesado en que se solucionen los problemas repetitivos, así que es necesario fiarse de ellos, alguno siempre se le puede pasar, pero los errores más frecuentes después de un turno de producción completa, seguro que aparecen reflejados.

Para poder identificarlos mejor, se separan las hojas por familia, estando pendiente del programa de producción constantemente para cambiar la hoja y colocar la que corresponde. En este caso se realiza para familias de motores, ya que se quiere realizar para tiradas grandes de producción y así tener resultados totalmente fiables. Así, en función de cada familia, se tienen los siguientes resultados:

### A) Familia A:

Esta familia, aunque es la que menos se fabrica al ser muy antigua, se decide realizar estudio de microparadas ya que tiene elementos que no poseen las otras familias y es necesario comprobar en cuales surgen problemas. Esta familia es la única que lleva soldadura entre la placa KO y la placa portaescobillas, por tanto la única que utiliza el puesto 2.1. Además, es la única que lleva junta de papel, por tanto es la única forma de comprobar el funcionamiento de la segunda operación del puesto 2.3.

A parte de esto, lleva difusor para la salida de agua y placa electrónica con sólo 4 soldaduras, que realiza en el puesto 2.85 de soldadura láser. No utiliza ni el otro puesto de soldadura, el puesto 2.9, ni el puesto del “Potting”, puesto 2.95, al ser un elemento que sólo incorporan las familias más modernas.

Realizada con una producción total de 2930 motores se obtienen los siguientes resultados:

- **Puesto 1.1:**

PUESTO 1.1: CARCASA G Y PLACA KO	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Salida de casquillo no elevada	1
Atasco casquillo en lineal	9
Atasco casquillo en tolva	4
Atasco tope L en tolva	7
Palet no en tope	6

*Tabla 14: Microparadas Familia A Puesto 1.1*

Cabe resaltar las 9 microparadas de atasco de casquillo en el lineal.

- **Puesto 1.2:**

PUERTO 1.2: RÓTULA Y RETENEDOR	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Atasco rótula en tolva	3
Atasco retén en lineal	16
Atasco retén en tolva	2

*Tabla 15: Microparadas Familia A Puesto 1.2*

Cabe resaltar las 16 microparadas de atasco de retén en la tolva.

- **Puesto 1.3:**

PUERTO 1.3: JUNTA TÓRICA, CASQUILLO Y ENGRASE	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Atasco casquillo en lineal	1
Casquillo no en émbolo	1
Junta tórica no en émbolo	5
Sin casquillo en carcasa	3
Junta tórica aún presente en anillo	3

*Tabla 16: Microparadas Familia A Puesto 1.3*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 1.4:**

PUESTO 1.4: PORTAESCOBILLAS	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Pinza no bajada	4

*Tabla 17: Microparadas Familia A Puesto 1.4*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 1.5:**

PUESTO 1.5: INDUCIDO	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Pinza H-Bot no cerrada	11
Pinza inducido no en posición media	6
Pinza no abierta en montaje motor	5

*Tabla 18: Microparadas Familia A Puesto 1.5*

Cabe resaltar las 11 microparadas de la pinza del H-Bot no cerrada.

- **Puesto 1.6:**

PUESTO 1.6: CARCASA M	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Volteo carcasa M (Inversor no bajado)	1
Carcasa M no montada	3



Manipulador no bajado	5
-----------------------	---

*Tabla 19: Microparadas Familia A Puesto 1.6*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 1.7:**

PUESTO 1.7: ATORNILLADO CARCASAS	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Tuerca mano dcha. no avanza	2
Rotar no en 0 grados	2
Tornillo no en tubo	15
Atasco tuercas en lineal	7
Falta tuerca izquierda	2
Falta tuerca derecha	2
Falta tuerca al final del lineal	23

*Tabla 20: Microparadas Familia A Puesto 1.7*

Cabe resaltar las 15 microparadas de falta de tornillo en tubo, y las 23 de falta de tuerca al final del lineal.

- **Puesto 1.8:**

PUESTO 1.8: PIN Y MAGNETIZADO	
Tipo de microparada	Número de microparadas
No bajado magnetizador	2
Falta palet en SKF	8

*Tabla 21: Microparadas Familia A Puesto 1.8*

Cabe resaltar las 8 microparadas de falta de palet en SKF.

- **Puesto 2.1:**

PUESTO 2.1: SOLDADURA PLACA KO	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Trafico de palets	25
Aportador estaño 2 (izquierdo)	4
Aportador estaño 1 (derecho)	2

*Tabla 22: Microparadas Familia A Puesto 2.1*

Cabe resaltar las 25 microparadas de tráfico de palets.

- **Puesto 2.2:**

PUESTO 2.2: RUEDA Y TRANSMISIÓN	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Comprobación engrase rueda	6
Limpieza difusor de grasa	5
Atasco lineal rueda	2
No hay rueda en salida lineal	3
Transmisión no presente en pinza	61
Pinza transmisión abajo	36
Engrase pin	5

*Tabla 23: Microparadas Familia A Puesto 2.2*

Cabe resaltar las 61 microparadas de transmisión no presente en pinza y las 36 de pinza de la transmisión abajo.

- **Puesto 2.3:**

PUESTO 2.3: TOPE Y JUNTA PAPEL	
Tipo de microparada	Número de microparadas
No junta papel en actuador final	46

*Tabla 24: Microparadas Familia A Puesto 2.3*

Cabe resaltar las 46 microparadas de falta de junta de papel en actuador final.

- **Puesto 2.4:**

PUESTO 2.4: ENGRASE RUEDA Y MONTAJE TAPA	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Tubo mal insertado	1

*Tabla 25: Microparadas Familia A Puesto 2.4*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.5:**

PUESTO 2.5: ATORNILLADO, CONTROL DE ALTURA Y VOLTEO	
Tipo de microparada	Número de microparadas
No tornillo en tubo 1	7
No tornillo en tubo 2	1

No tornillo en tubo 3	9
Tornillo no en boca 1	17
Tornillo no en boca 3	1
Problema palet en salida bypass	1
Detección altura	2

*Tabla 26: Microparadas Familia A Puesto 2.5*

Cabe resaltar las 9 microparadas de falta de tornillo en tubo 3 y las 17 falta de tornillo en boca 1.

- **Puesto 2.6:**

PUESTO 2.6: EXTRACCIÓN PROTECTOR DE EJE	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Capuchón todavía en motor	4

*Tabla 27: Microparadas Familia A Puesto 2.6*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.7:**

PUESTO 2.7: MONTAJE DIFUSOR	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Atasco junta en lineal	5
Falta tórica en separador	3
Junta tórica aún en salida	2

*Tabla 28: Microparadas Familia A Puesto 2.7*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.85:**

PUESTO 2.85: SOLDADURA LÁSER	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Problemas con elevadores vía 2 (No posición superior)	3

*Tabla 29: Microparadas Familia A Puesto 2.85*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.10:**

PUESTO 2.10: RODAJE Y CONTROL DE FUNCIONAMIENTO	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Pinza no cerrada en carga dial	2
Pinza no cerrada en descarga	23
Atasco tapa en lineal	20
Atasco de tapa en tolva	27

*Tabla 30: Microparadas Familia A Puesto 2.10*

Cabe resaltar las 23 microparadas de pinza no cerrada en descarga, las 20 de atasco de tapa en lineal y las 27 de atasco de tapa en tolva.

- **Puesto 2.12:**

PUESTO 2.12: MAQUETA + VIBRACIÓN	
Tipo de microparada	Número de microparadas

Test de vibración no comenzó	1

*Tabla 31: Microparadas Familia A Puesto 2.12*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.13:**

PUESTO 2.13: MAQUETA + VIBRACIÓN	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Test de vibración no comenzó	7

*Tabla 32: Microparadas Familia A Puesto 2.13*

Cabe resaltar las 7 microparadas de no haber comenzado el test de vibración.

- **Puesto 2.15:**

PUESTO 2.15: CONTROL DE FUGAS Y ETIQUETADO	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Motor mal colocado en cuna control fuga	5
Motor mal colocado en palet	2
Atranco protectores	5
Etiqueta mal impresa	7

*Tabla 33: Microparadas Familia A Puesto 2.15*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.16:**

PUESTO 2.16: TRANSVASE DE I A II	
Tipo de microparada	Número de microparadas
Motor salta tope	8
Plato no llega a tope	1

*Tabla 34: Microparadas Familia A Puesto 2.16*

Cabe resaltar las 8 microparadas de motor salta tope.

## B) Familias B y C:

Estas dos familias al ser muy parecidas se toman conjuntamente, las dos llevan 7 soldaduras y difusor (paso de agua). La diferencia entre ambas está en que la familia B no lleva “Potting” y la familia C sí.

Realizada con una producción total de 17760 motores, 7200 de la familia B y 10560 de la C.

- Puesto 1.1:**

PUESTO 1.1: CARCASA G Y PLACA KO		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Salida de casquillo no elevada	2	15
Atasco casquillo en lineal	18	12
Atasco casquillo en tolva	1	1
Atasco tope L en tolva	0	1
Palet no en tope	3	0

*Tabla 35: Microparadas Familias B y C Puesto 1.1*

Cabe resaltar las 18 microparadas para la Familia B y las 12 para la C de atasco de casquillo en el lineal, al igual que en la Familia A.

- **Puesto 1.2:**

PUESTO 1.2: RÓTULA Y RETENEDOR		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Atasco rótula en tolva	1	0
Atasco retén en lineal	20	21
Atasco retén en tolva	0	2

*Tabla 36: Microparadas Familias B y C Puesto 1.2*

Cabe resaltar las 20 microparadas para la Familia B y las 21 para la C de atasco de retén en el lineal.

- **Puesto 1.3:**

PUESTO: 1.3 JUNTA TÓRICA, CASQUILLO Y ENGRASE		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Atasco casquillo en lineal	2	0
Atasco de tórica en lineal	6	1
Junta tórica no en émbolo	2	0
Junta tórica aún presente en anillo	0	1
Junta tórica no presente en anillo	2	0

*Tabla 37: Microparadas Familias B y C Puesto 1.3*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 1.5:**



PUESTO 1.5: INDUCIDO		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Pinza H-Bot no cerrada	0	2

*Tabla 38: Microparadas Familias B y C Puesto 1.5*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- Puesto 1.6:**

PUESTO 1.6: CARCASA M		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Volteo carcasa M (Inversor no bajado)	1	0

*Tabla 39: Microparadas Familias B y C Puesto 1.6*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- Puesto 1.7:**

PUESTO 1.7: ATORNILLADO CARCASAS		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Tuerca mano dcha. no avanza	2	0
Rotar no en 0 grados	2	1
Pin salida tuerca no elevado	5	0
Tornillo no en tubo	20	5

Falta tuerca derecha	0	1
Falta tuerca al final del lineal	3	0

*Tabla 40: Microparadas Familias B y C Puesto 1.7*

Cabe resaltar las 20 microparadas para la Familia B de falta de tornillo en tubo, al igual que en la Familia A.

- **Puesto 1.8:**

PUESTO 1.8: PIN Y MAGNETIZADO		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Falta palet en SKF	12	8
Manipulador no bajado	2	1

*Tabla 41: Microparadas Familias B y C Puesto 1.8*

Cabe resaltar las 12 microparadas para la Familia B y las 8 para la C de falta de palet en SKF, al igual que en la Familia A.

- **Puesto 2.2:**

PUESTO 2.2: RUEDA Y TRANSMISIÓN		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Comprobación engrase rueda	13	7
Limpieza difusor de grasa	11	5
Atasco lineal rueda	3	0
No hay rueda en salida lineal	3	0
Transmisión no presente en pinza	44	34

*Tabla 42: Microparadas Familias B y C Puesto 2.2*

Cabe resaltar las 44 microparadas para la Familia B y las 34 para la C de transmisión no presente en pinza, al igual que en la Familia A. Además tiene bastantes microparadas en la comprobación del engrase rueda y en la limpieza del difusor de grasa para ambas familias, es un claro candidato de puesto a fiabilizar.

- **Puesto 2.3:**

En este caso no se tiene en cuenta el error de la junta de papel en el actuador al no llevar junta.

PUESTO 2.3: TOPE Y JUNTA PAPEL		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Tope no en pinza	0	1
Engrase bulón no ha bajado	19	3

*Tabla 43: Microparadas Familias B y C Puesto 2.3*

Cabe resaltar las 19 microparadas para la Familia B de no haber bajado el engrase del bulón.

- **Puesto 2.5:**

PUESTO 2.5: ATORNILLADO, CONTROL DE ALTURA Y VOLTEO		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
No tornillo en tubo 1	1	1
No tornillo en tubo 2	1	0
No tornillo en tubo 3	15	31
Tornillo no en boca 1	11	8
Tornillo no en boca 2	0	1
Tornillo no en boca 3	0	1

Atasco en tolva 3	1	0
Problema palet en salida bypass	0	9
Falta palet en RS (tope)	0	11

*Tabla 44: Microparadas Familias B y C Puesto 2.5*

Cabe resaltar las 15 microparadas para la Familia B y las 31 para la C de falta de tornillo en tubo 3, al igual que en la Familia A. También, las 11 microparadas para la Familia B y las 8 para la C de tornillo en boca 1, al igual que en la Familia A. Es otro candidato a fiabilizar, se trata de un puesto complejo que está dando muchos problemas

- **Puesto 2.6:**

PUESTO 2.6: EXTRACCIÓN PROTECTOR DE EJE		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Capuchón todavía en motor	5	5

*Tabla 45: Microparadas Familias B y C Puesto 2.6*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.7:**

PUESTO 2.7: MONTAJE DIFUSOR		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Atasco junta en lineal	4	0
Falta tórica en separador	4	0
Fallo lectura palet	2	0

*Tabla 46: Microparadas Familias B y C Puesto 2.7*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.8:**

PUESTO 2.8: PLACA ELECTRÓNICA		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Pinza no ha bajado	2	0
Fallo de lectura moby palet placa electrónica	2	0

*Tabla 47: Microparadas Familias B y C Puesto 2.8*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.85:**

PUESTO 2.85: SOLDADURA LÁSER		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Problemas con elevadores vía 2 (No posición superior)	12	13
Fallo aportación de estaño	1	0

*Tabla 48: Microparadas Familias B y C Puesto 2.85*

Cabe resaltar las 12 microparadas para la Familia B y las 13 para la C de no llegar a la posición superior el elevador de la vía 2. En la Familia A aparecieron 3 y no se consideraron ya que no se trataba de un problema del propio puesto, sino del elevador existente en la cinta de transporte, se da un parte a mantenimiento para que lo revisen.

- **Puesto 2.9:**

PUESTO 2.9: SOLDADURA		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Problema tráfico de palets	0	1

*Tabla 49: Microparadas Familias B y C Puesto 2.9*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.95:**

Solo se considera este puesto para la Familia C, ya que la B no lo usa, no lleva “Potting”.

PUESTO 2.95: POTTING		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Alarma de fraguado		0
Parada tráfico de palets		0
Falta palet a la salida		0

*Tabla 50: Microparadas Familias B y C Puesto 2.95*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.10:**

PUESTO 2.10: RODAJE Y CONTROL DE FUNCIONAMIENTO		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)

Pinza no cerrada en carga dial	2	18
Pinza no cerrada en descarga	8	11
Falta tapa electrónica en manipulador	2	0
Atasco tapa en lineal	2	0
Atasco de tapa en tolva	48	0
Palet parado a la salida del puesto	14	9
Motores mal colocados en cuna de carga	0	49
Bloqueo	0	41

*Tabla 51: Microparadas Familias B y C Puesto 2.10*

Este puesto tiene todas las microparadas posibles, sino es en una familia, es en la otra o incluso en las dos y bastantes para cada una de ellas. Además en la Familia A también salieron bastantes de tres tipos de microparadas. Se trata sin duda de un puesto a fiabilizar.

- **Puesto 2.12:**

PUESTO 2.12: MAQUETA Y VIBRACIÓN		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
No hay motor en pinza vibración	1	0
Test de vibración no comenzó	21	1
Conector maqueta no conecta	1	0

*Tabla 52: Microparadas Familias B y C Puesto 2.12*

Cabe resaltar las 21 microparadas para la Familia B por no comenzar el test de vibración. Se da aviso al encargado de los tres puestos de maqueta para que lo revise ya que no es algo muy normal que ocurra sólo en esta familia.

- **Puesto 2.13:**

PUESTO 2.13: MAQUETA Y VIBRACIÓN		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Motor mal colocado en bancada vibración	0	2
Test de vibración no comenzó	9	0
Conector maqueta no conecta	0	1
Palet parado a la salida del puesto	0	1

*Tabla 53: Microparadas Familias B y C Puesto 2.13*

Cabe resaltar las 9 microparadas para la Familia B por no comenzar el test de vibración. En este caso también ocurrieron para la Familia A, se da aviso al encargado de los tres puestos de maqueta para que lo revise.

- **Puesto 2.14:**

PUESTO 2.14: MAQUETA Y VIBRACIÓN		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Motor mal colocado en bancada vibración	1	0
Test de vibración no comenzó	2	0
Palet parado a la salida del puesto	7	0

*Tabla 54: Microparadas Familias B y C Puesto 2.14*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.



- **Puesto 2.15:**

PUESTO 2.15: CONTROL DE FUGAS Y ETIQUETADO		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Motor mal colocado en palet	1	0
No se detecta paso detector	0	1
Atranco protectores	3	0

*Tabla 55: Microparadas Familias B y C Puesto 2.15*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

- **Puesto 2.16:**

PUESTO 2.16: TRANSVASE DE I A II		
Tipo de microparada	Número de microparadas	
	Familia B (7200)	Familia C (10560)
Plato no llega a tope	4	3
Atascos palet buffer	3	1

*Tabla 56: Microparadas Familias B y C Puesto 2.16*

No hay ninguna parada reseñable para este puesto.

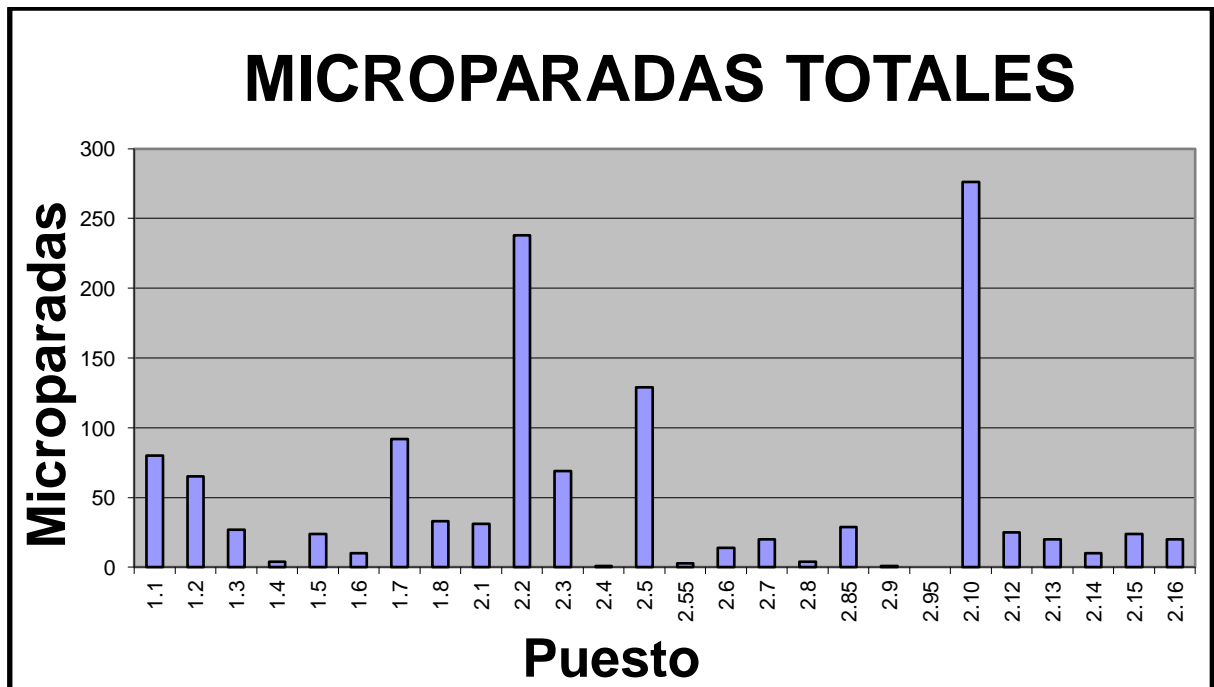
Como se puede comprobar, para una producción importante, surgen muchísimas microparadas, que hacen que numerosos puestos estén constantemente parándose y además parando los puestos que tienen por detrás y por delante. Es el aspecto más importante que afecta a la producción de esta línea de producción y si se quiere mejorar en primer lugar se tienen que reducir de forma drástica un gran número de microparadas repetitivas, sobre todo en ciertos puestos que son muy numerosas.

En el siguiente cuadro se recogen los resultados obtenidos de cada puesto para cada familia y los totales separadas por puesto de trabajo:

Puesto	Familias B y C		Total Familias B y C	Familia A	Total
	Familia B	Familia C			
1.1	24	29	53	27	80
1.2	21	23	44	21	65
1.3	12	2	14	13	27
1.4	0	0	0	4	4
1.5	0	2	2	22	24
1.6	1	0	1	9	10
1.7	32	7	39	53	92
1.8	14	9	23	10	33
2.1	-	-	-	31	31
2.2	74	46	120	118	238
2.3	19	4	23	46	69
2.4	0	0	0	1	1
2.5	29	62	91	38	129
2.55	0	0	0	3	3
2.6	5	5	10	4	14
2.7	10	0	10	10	20
2.8	4	0	4	0	4
2.85	13	13	26	3	29
2.9	0	1	1	-	1
2.95	-	0	0	-	0
2.10	76	128	204	72	276
2.12	23	1	24	1	25
2.13	9	4	13	7	20
2.14	10	0	10	0	10
2.15	4	1	5	19	24
2.16	7	4	11	9	20

*Tabla 57: Resumen Microparadas*

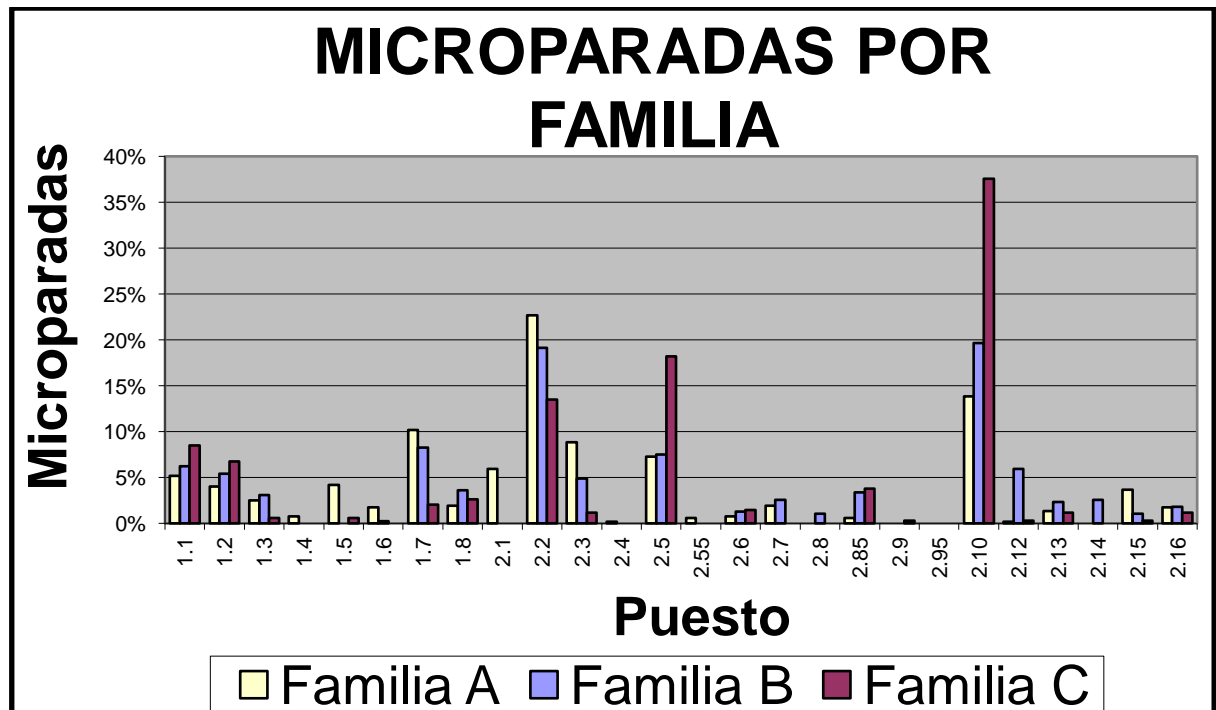
En el siguiente gráfico se muestran las microparadas totales en forma de barras para verlo con más claridad:



*Figura 72: Gráfico de Microparadas Totales*

Como se había comprobado viendo los resultados que se iban obteniendo por puestos y familias, hay tres puestos claros con numerosísimas microparadas en el circuito 2, por donde habría que comenzar la fiabilización ya que son los más conflictivos. Estos puestos son el 2.2, el 2.5 y el 2.10.

Se pueden ver los datos también por familias, en porcentaje por familia ya que no se han realizado las mismas producciones para todas las familias:



*Figura 73: Gráfico de Microparadas por Familia*

Individualmente para cada familia, los puestos 2.2, 2.5 y 2.10 también son los que tienen mayor número de microparadas. Por tanto, no cabe duda que son tres de los puestos por los que se ha de comenzar la fiabilización de esta línea.

A continuación, en el capítulo de fiabilización, se detallarán que puestos se deciden fiabilizar analizando cada uno de ellos.

# Capítulo 5

## Fiabilización de Puestos

### 5.1 Introducción

La fiabilización consiste en realizar una observación detallada del puesto con la que se generen una serie de acciones a acometer, para garantizar la fiabilidad del mismo.

Los principales objetivos son:

- Eliminar elementos sobrantes.
- Hacer el puesto más visual, más accesible, más robusto, más fiable.
- Programar operaciones que garanticen la fiabilidad del puesto.

Para fiabilizar un puesto de trabajo es necesario:

- Evitar el retorno de los problemas ya conocidos, sean del tipo que sean.
- Eliminar las causas de futuros problemas.
- Actuar en todos los campos: mejoras, preventivos, seguridad, formación, documentación,...

Lo primero, antes de realizar la fiabilización, es realizar una reunión con todos los componentes del equipo, donde se analicen todos los datos obtenidos en los tres estudios

realizados y se decidan a que puestos son necesarios realizar la fiabilización. Es importante que acudan las personas responsables de los departamentos implicados: Producción (Jefe de Línea y operarios), Ingeniería (Líder del proyecto) Mantenimiento (técnico cualificado) y del departamento que gestiona el sistema de producción (análisis de tiempos, procesos...).

Una vez analizados todos los estudios y habiendo decidido que puestos son necesarios fiabilizar, todos los componentes del equipo acudirán a los puestos en cuestión, aprovechando una parada de línea o descanso de producción, y realizarán una observación detallada de cada puesto anotando todo lo que sea necesario mejorar, sustituir o variar. Con estas anotaciones tomadas en el mismo puesto y los resultados obtenidos en los estudios de los puestos implicados, sobre todo el de microparadas, se realizará un plan de acción para cada puesto, con todos los puntos que es necesario acometer para realizar la fiabilización de cada puesto.

Los planes de acción para cada puesto contendrán, además de las propias acciones, la prioridad que tiene cada acción (A o B en función de la urgencia) y si es necesaria una parada de máquina, para ver si cada acción a acometer interfiere en la producción de la línea. En el caso de que sea necesaria parada de máquina, también contendrá un tiempo de parada estimado, para valorar cuando se puede realizar cada acción.

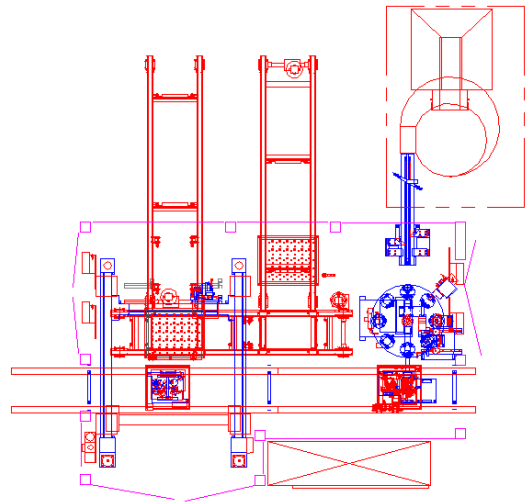
Una vez preparados los planes de acción para cada puesto, estos pasarán al departamento de Mantenimiento para ser implantados cuando sea programado, junto con el departamento de producción, en función de la prioridad y del tiempo de parada.

Los puestos que se decidieron por todo el equipo para analizar a fondo y crear un plan de acción fueron los siguientes:

- **Puesto 2.2:**

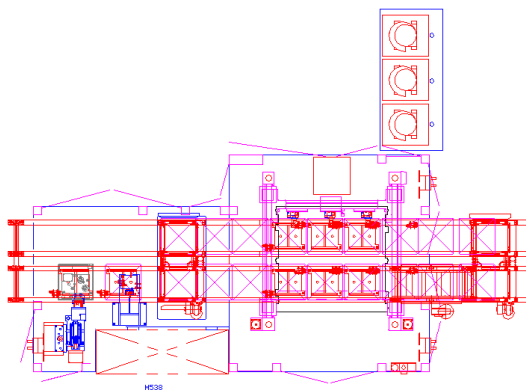
Se trata de un puesto indispensable en todas las familias de motores, en él se engrasa y ensambla la rueda y se inserta el conjunto transmisión, dos elementos importantísimos para el correcto funcionamiento del motor.

Como se ha visto en el estudio de microparadas, es uno de los puestos que más paradas tiene, sobre todo en el segundo subpuesto de inserción de la transmisión. El fallo de cogida de la transmisión por la pinza está dando numerosos problemas en todas las familias y es necesario subsanarlo urgentemente.



*Figura 74: Plano en planta Puesto 2.2*

- **Puesto 2.5:**



*Figura 75: Plano en planta Puesto 2.5*

En este puesto se realiza el atornillado de la tapa G sobre la carcasa G por duplicado. Posteriormente se realiza el control de altura de tornillos y el volteo del motor.

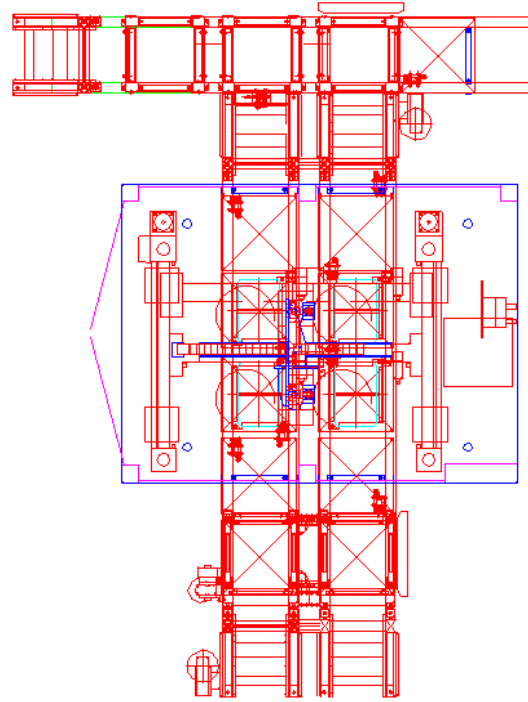
Otro puesto importantísimo que usan todas las familias y con muchísimas microparadas también. Es un puesto muy complejo que si no se encuentra muy bien ajustado da numerosos problemas.

- **Puesto 2.9:**

Aunque este puesto no sea uno de los que aparecen con múltiples microparadas, se encuentra entre los dos puestos con mayor tiempo de ciclo, la soldadura láser, 2.85, y el puesto del “Potting”, 2.95 (como ya se ha dicho fiabilizados al máximo).

Se trata de la segunda soldadura, soldadura mediante contacto con aportación de hilo de estaño, que genera muchísima suciedad residual, afectando a todos los componentes del puesto, la razón principal para su fiabilización. Además se quiere aprovechar para valorar la posibilidad de sustituir los actuales cabezales de soldadura por unos más modernos.

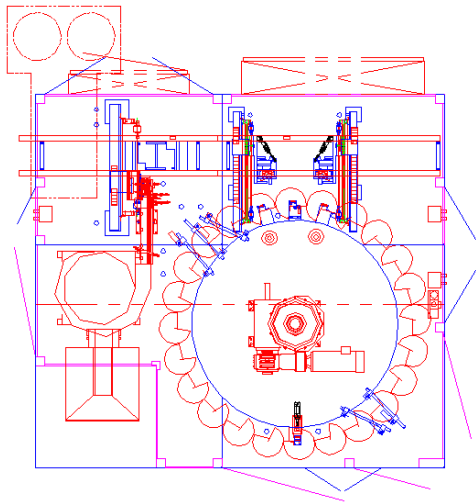
La ventaja de este puesto frente a los otros, es que como no se usa para todas las familias, podrá realizarse su fiabilización con la línea trabajando.



*Figura 76: Plano en planta Puesto 2.9*



- **Puesto 2.10:**



*Figura 77: Plano en planta Puesto 2.10*

Este último puesto a fiabilizar es el más claro, se trata del que más microparadas tiene para todas las familias.

También es un puesto indispensable para todas las familias, es el primer rodaje que se realiza del motor con todos sus componentes montados y es imprescindible que se encuentre en perfecto estado.

Además, en ciertos modelos, se coloca la tapa de la electrónica al comienzo del puesto.

A continuación se detallan las acciones más importantes de cada uno de los puestos elegidos, por supuesto todas con Prioridad A. La totalidad de cada uno de los planes de acción se encuentran recogidos en el Anexo I, indicando además la prioridad y el tiempo de parada necesario, si es que se necesita la parada del puesto:

## 5.2 Acciones Relevantes Puesto 2.2

En la siguiente imagen se puede ver un esquema del puesto con sus elementos más importantes señalados y las dos subestaciones que lo forman:

- 2.2.1: engrasado y ensamble de rueda de transmisión.
- 2.2.2: ensamble de transmisión.

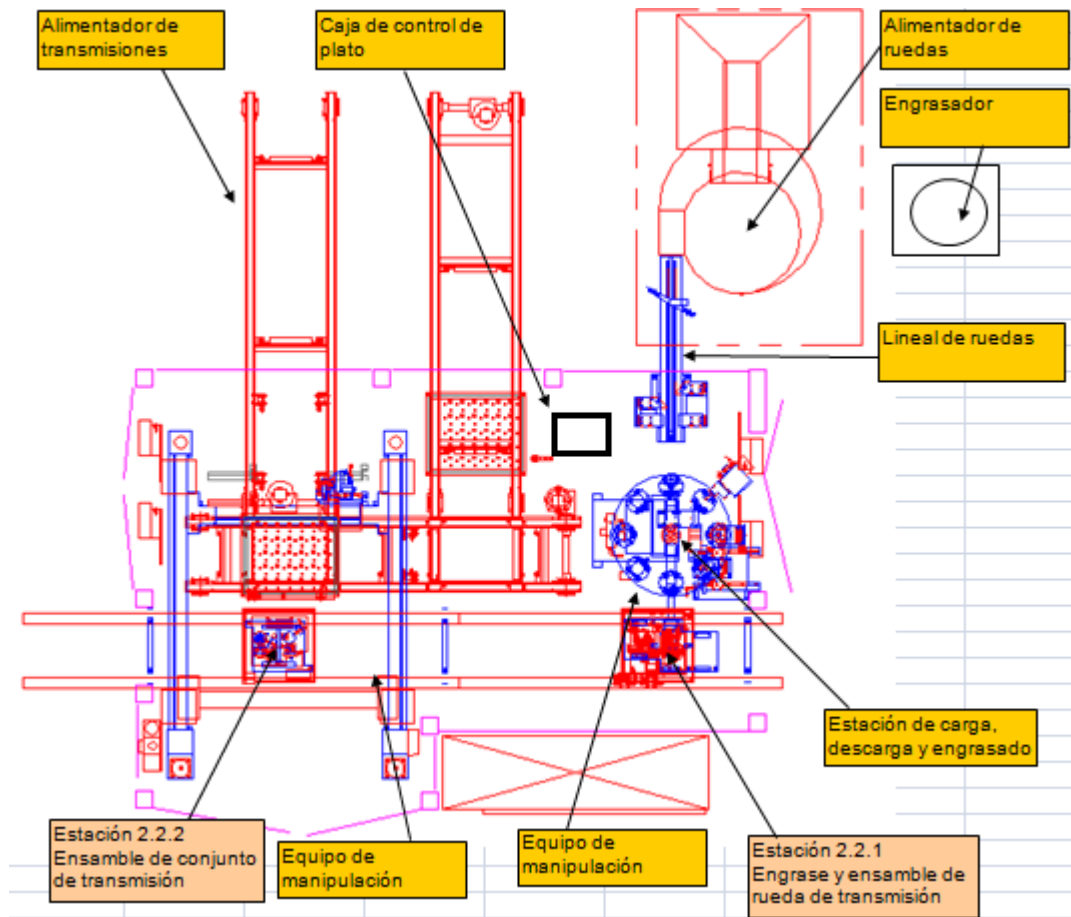


Figura 78: Plano esquemático Puesto 2.2

A continuación se detallan las acciones más importantes para fiabilizar cada una de las subestaciones del puesto:

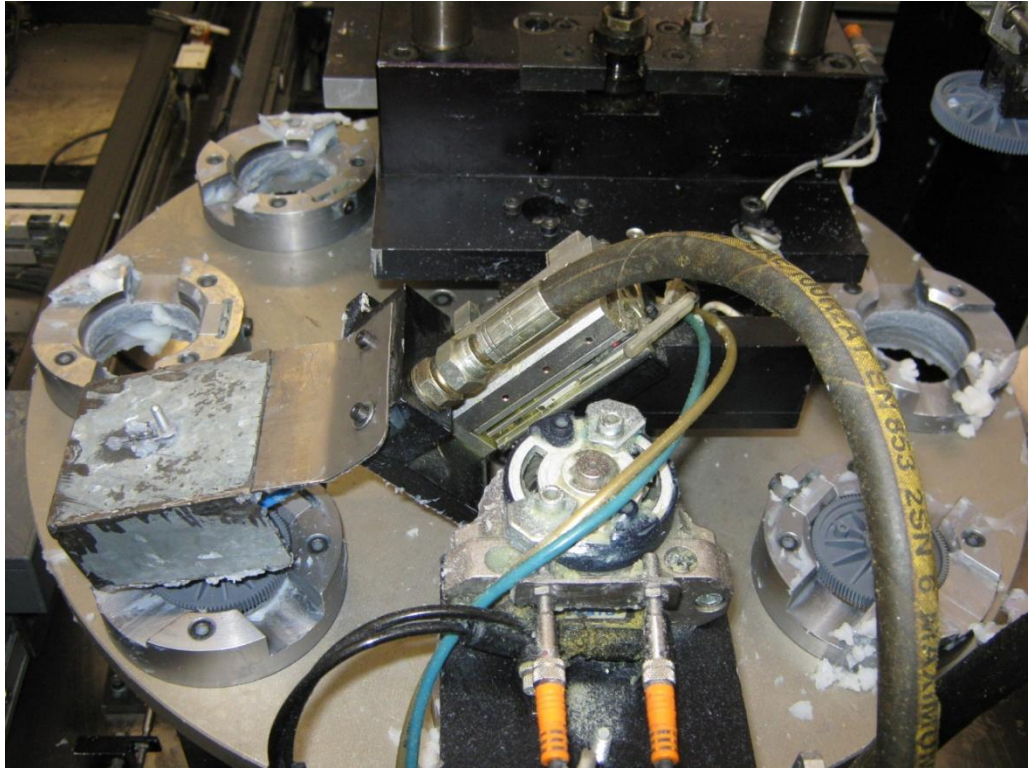
- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.2.1: engrasado y ensamble de rueda de transmisión:**

En la siguiente imagen se puede ver este subpuesto:



*Figura 79: Foto subpuesto 2.2.1*

La acción más relevante se trata de la limpieza dial de giro donde se engrasan las ruedas que posteriormente son colocadas en el motor. Este plato de giro se encuentra con muchos restos de grasa acumulados y muchas veces no se detectan correctamente las ruedas, produciéndose microparadas. Se propone además realizar una limpieza periódica para no llegar a los extremos que se observan en la siguiente imagen:



*Figura 80: Foto dial de giro de engrase subpuesto 2.2.1*

Sería necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente para dejar completamente limpio el dial de giro.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.2.2: ensamble de transmisión:**

En la siguiente imagen se puede ver este subpuesto:



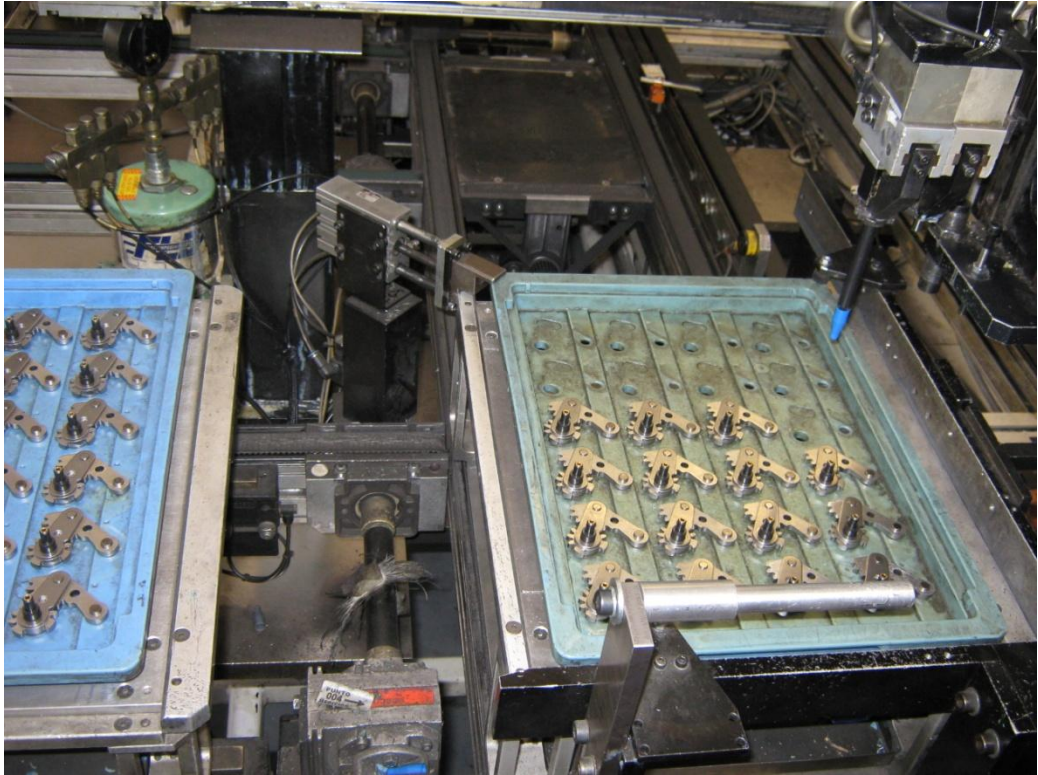


*Figura 81: Foto subpuesto 2.2.2*

Aquí es donde se produce el mayor número de microparadas del puesto, debido a que la transmisión no se encuentra presente en la pinza del manipulador. Por un lado, esto es debido a que los pisadores de las bandejas, que hacen que estas se queden estabilizadas, se encuentran muy deteriorados y desajustados. No centran bien las bandejas, produciendo en numerosas ocasiones errores a la hora de coger las transmisiones, necesitan una sustitución y un ajuste preciso. Además sería bueno instalar un pisador nuevo en la esquina que no existe, con 4 pisadores en vez de 3 se conseguirá un centraje más fino

Pero el principal problema de que la transmisión no sea bien amarrada por la pinza, recae en que los dedos de agarre de esta, están muy desgastados del uso y se escapan a la hora del ir a agarrar la transmisión. Se trata de la principal causa de microparadas en este puesto, lo que hace que sea muy importante solucionarlo, hay que revisarlos y sustituirlos.

En la siguiente imagen se pueden observar tanto los pisadores de sujeción de las bandejas, como los dedos de la pinza de amarre:



*Figura 82: Foto bandejas subpuesto 2.2.2*

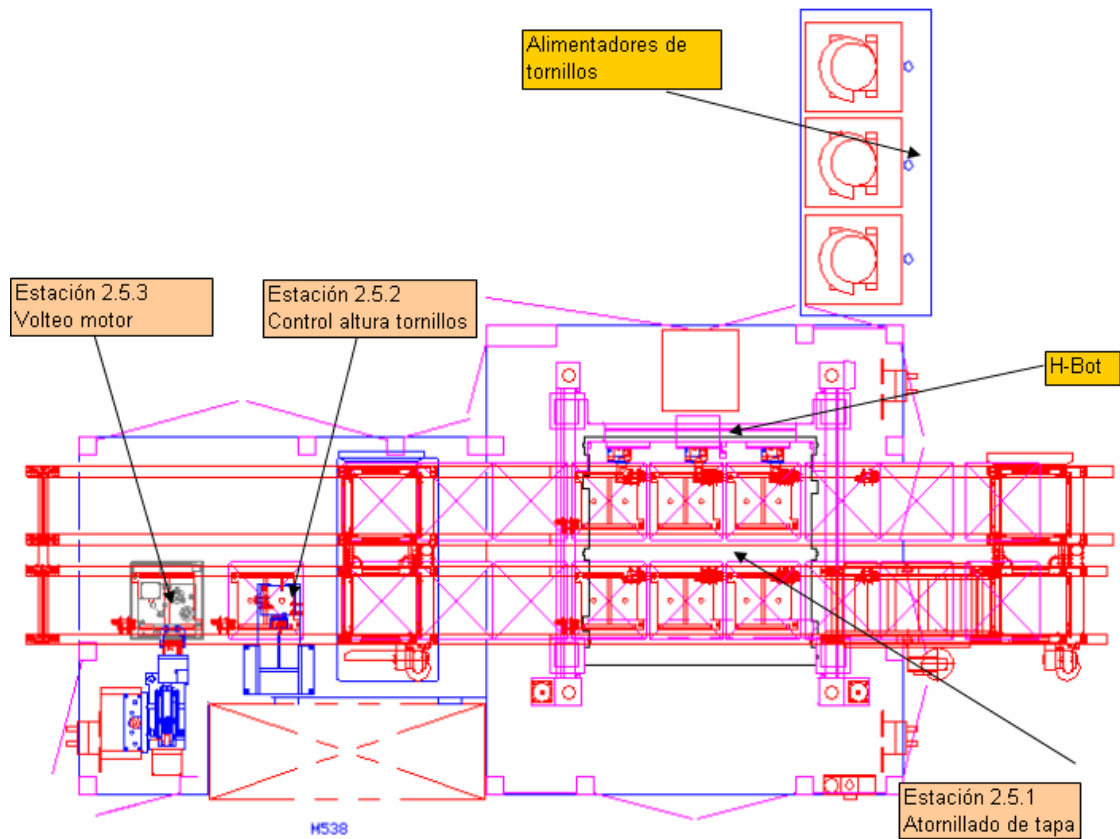
Para estas operaciones es necesario un tiempo de parada de máquina total de una hora aproximadamente.

Además de revisar y sustituir los dedos de la pinza de amarre, sería muy necesario, viendo el mal funcionamiento con el uso, optimizar el diseño de cogida de la transmisión. Al igual que el punto anterior, es algo muy importante de solucionar, con un sistema de cogida mejorado, se evitarían numerosas microparadas.

## 5.3 Acciones Relevantes Puesto 2.5

En la siguiente imagen se puede ver un esquema del puesto con sus elementos más importantes señalados y las tres subestaciones que lo forman:

- 2.5.1: atornillado de tapa.
- 2.5.2: control altura tornillos de tapa.
- 2.5.3: volteo motor



*Figura 83: Plano esquemático Puesto 2.5*

A continuación se detallan las acciones más importantes para fiabilizar la subestación de atornillado de tapa, que es donde residen los problemas de este puesto:

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.5.1: atornillado de tapa:**

En la siguiente imagen se puede ver este subpuesto, con las tolvas de alimentación de tornillos a la izquierda fuera del puesto:

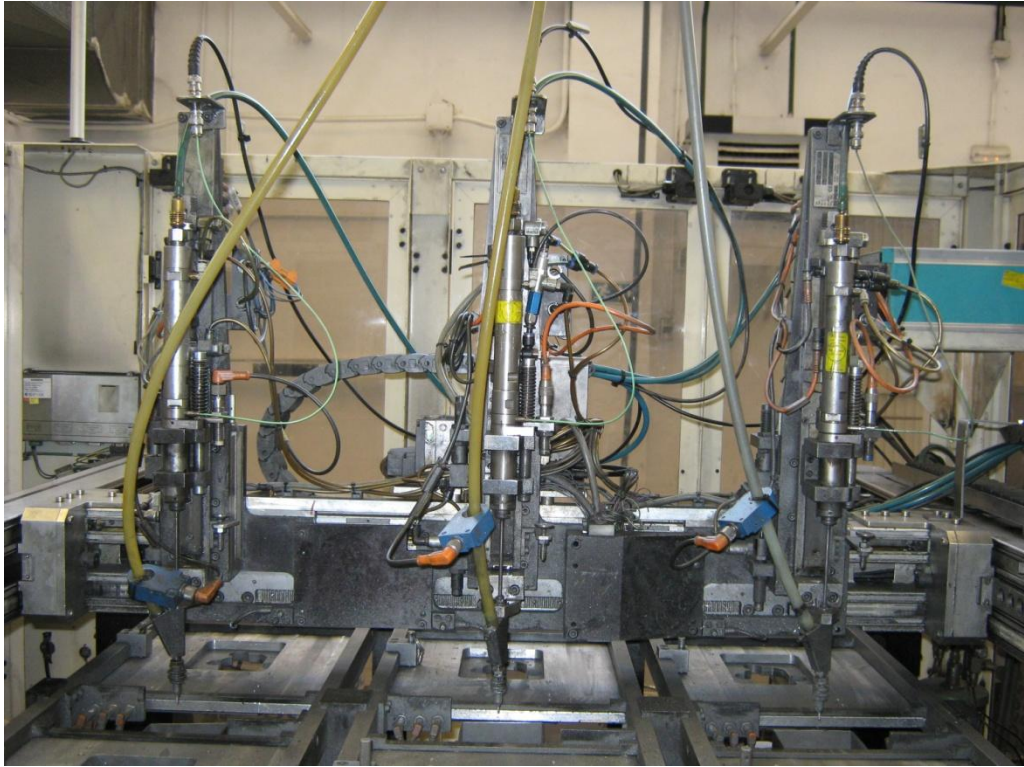


*Figura 84: Foto subpuesto 2.5.1*

En este puesto lo importante son los tubos de alimentación, que son los que están produciendo todas las microparadas del puesto como se ha visto, de falta de tornillo en el tubo, que es a la salida del tubo, o en boca, que es a la entrada del tubo. Directamente se va a proceder a su sustitución, se encuentran en muy mal estado. Se va a aprovechar cuando se vaya a parar el puesto para sustituirlos, para colocarlos correctamente tanto a la entrada como a la salida, para evitar todo tipo de atrancos y de falsas detecciones de tornillo.

En la siguiente imagen se ve como desembocan los tubos de alimentación de tornillos en los atornilladores:

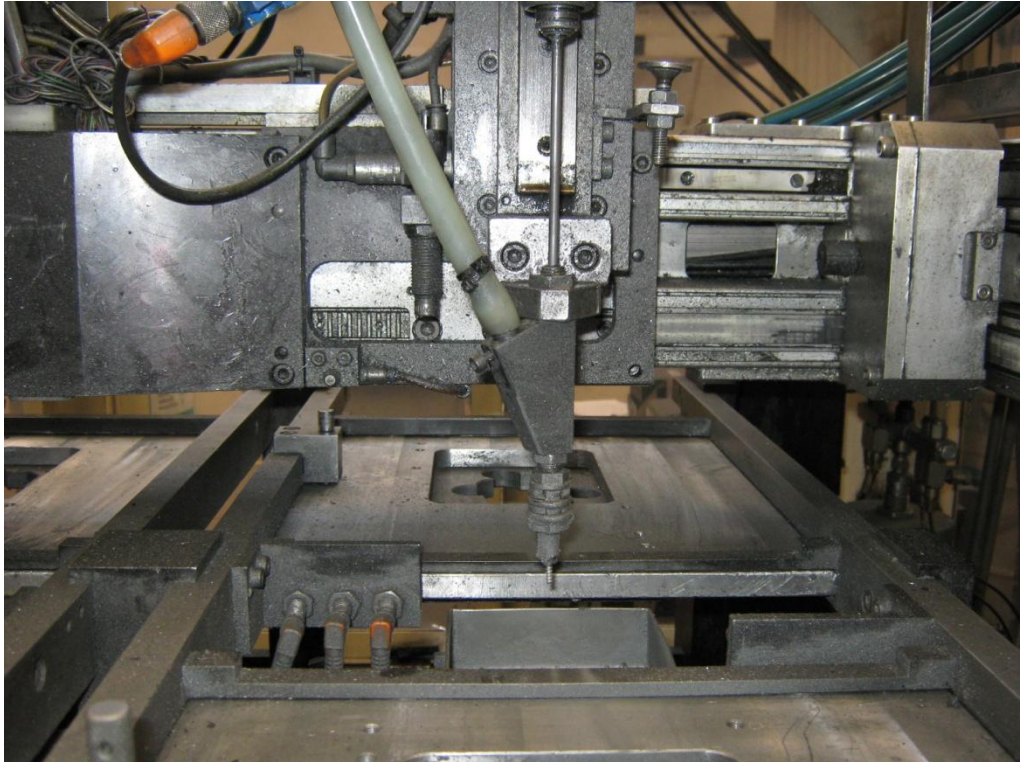




*Figura 85: Foto tubos de alimentación subpuesto 2.5.1*

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 135 minutos aproximadamente para la sustitución, ya que conlleva bastante trabajo si se quieren dejar colocados correctamente.

En esta otra imagen, se puede ver el detalle de cómo desemboca uno de los tubos en el útil de atornillado:



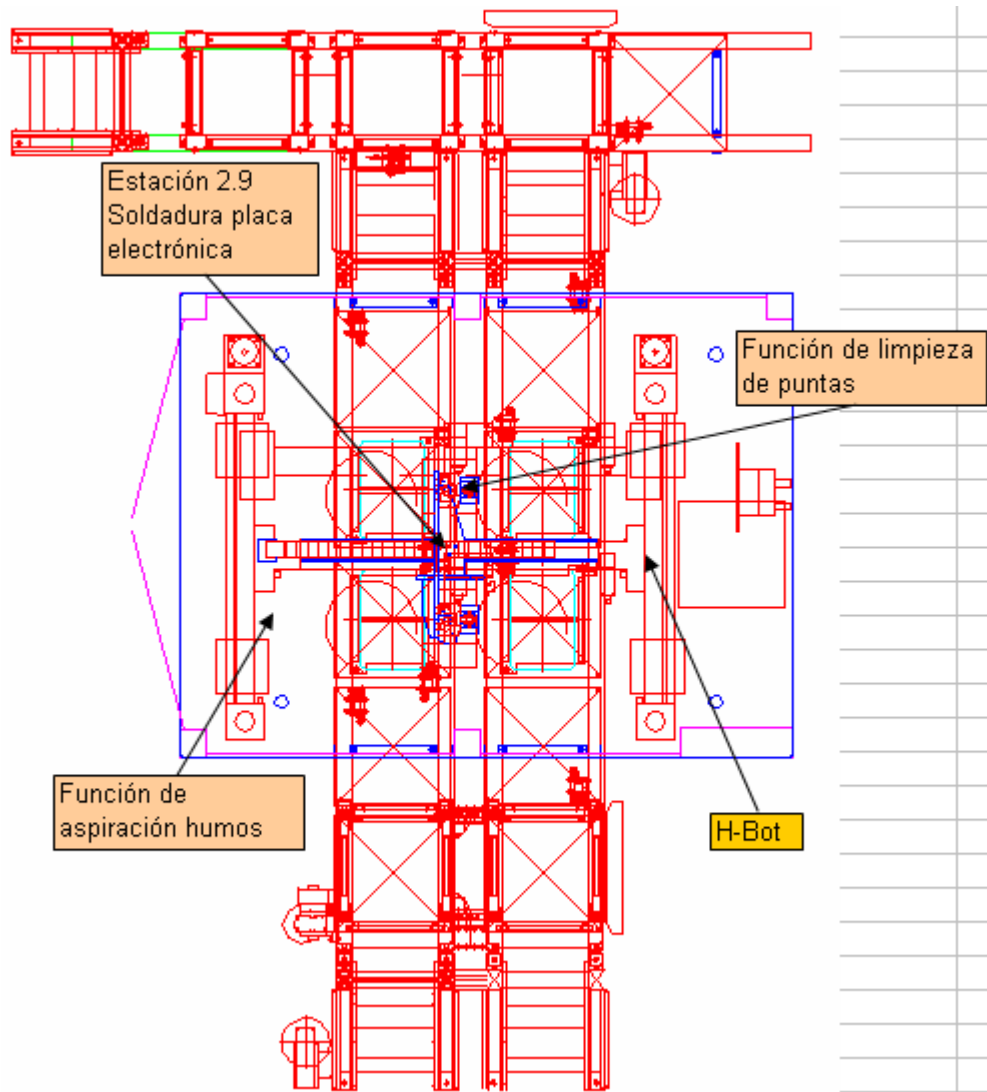
*Figura 86: Foto detalle tubo subpuesto 2.5.1*

El resto de acciones, tanto de este subpuesto como de los otros se encuentran en el Anexo I.

## 5.4 Acciones Relevantes Puesto 2.9

En la siguiente imagen se puede ver un esquema del puesto con sus funciones más importantes señaladas:

- 2.9: soldadura placa electrónica.
- Función de limpieza de puntas.
- Función de aspiración de humos.



*Figura 87: Plano esquemático Puesto 2.9*

A continuación se detallan las acciones más importantes para fiabilizar cada una de las funciones del puesto:

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.9: soldadura placa electrónica:**

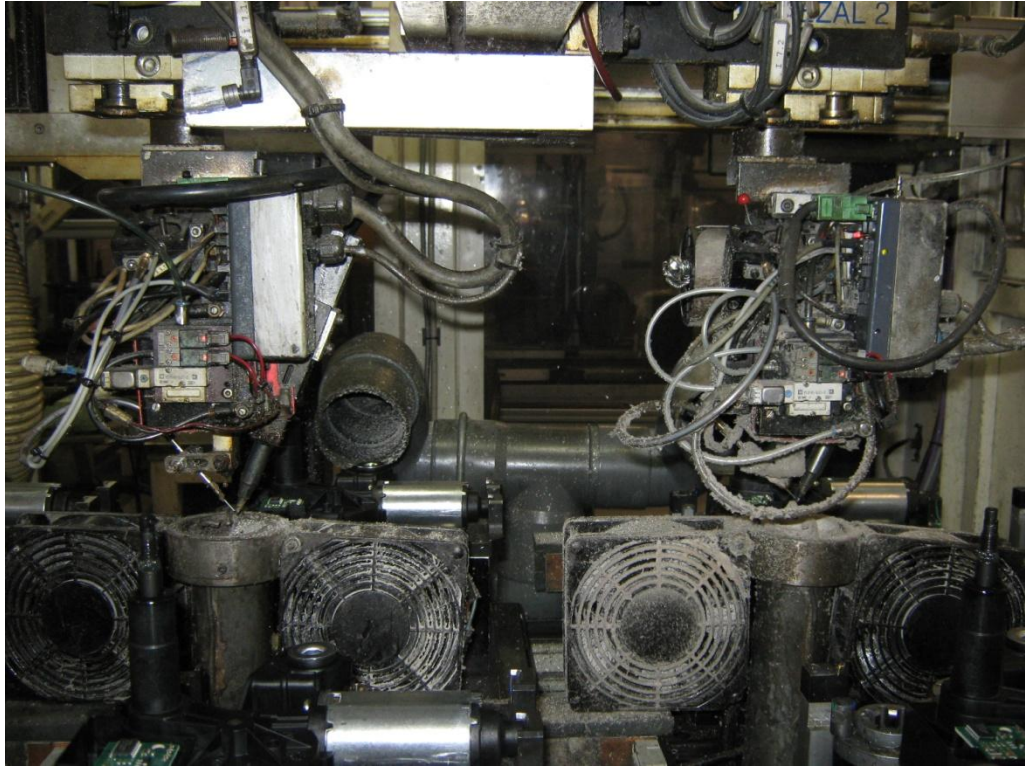
En la siguiente imagen se puede ver este puesto:



*Figura 88: Foto puesto 2.9*

El principal problema de este puesto es la suciedad residual que se genera al realizar las soldaduras, por tanto, lo prioritario es realizar una limpieza exhaustiva desmontando cada unos de los componentes, incluidos ambos cabezales de soldadura, ya que tienen restos de estaño pegados en cada elemento, como se puede ver en la siguiente imagen:





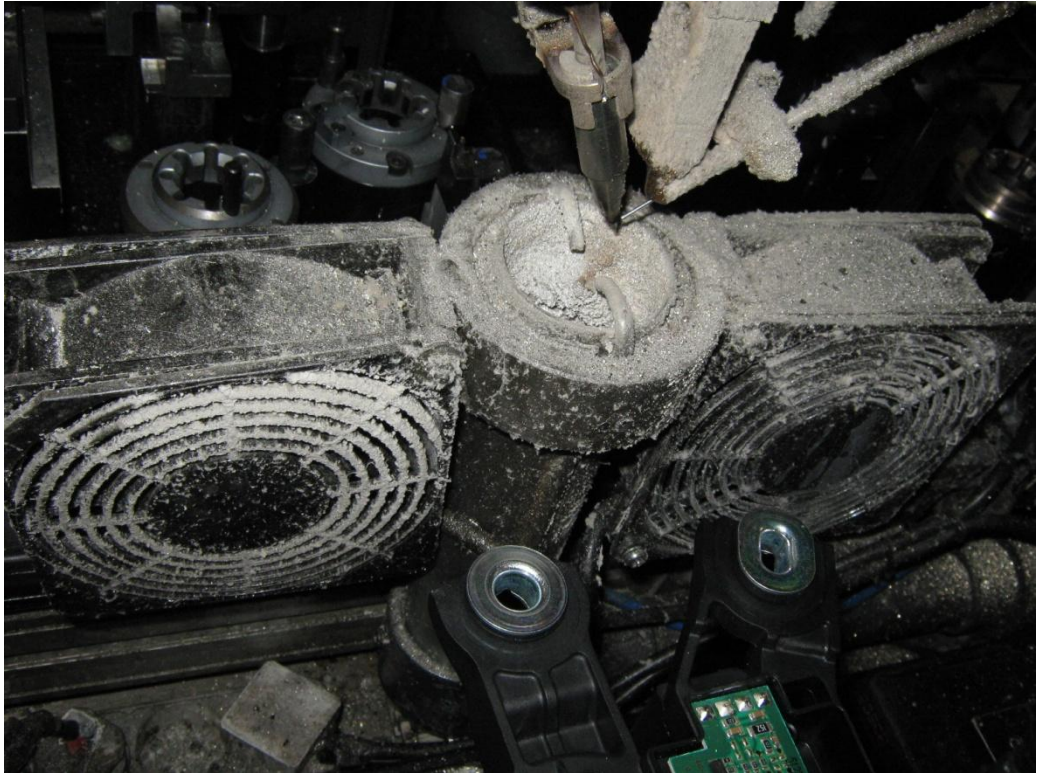
*Figura 89: Foto cabezales de soldadura puesto 2.9*

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.9: función de limpieza de puntas:**

Se pretende estudiar la posibilidad del posicionamiento fijo de los tubos de aspiración en la bancada, ahora mismo están sueltos y no tienen una posición fija. Primeramente se procederá a sujetarlos para posteriormente dejarlos fijos en la posición más idónea para realizar la aspiración.

Además, sería bueno estudiar la posición de los sopladores en los tubos de aspiración, para mejorar la recogida de estaño en las bocas de los tubos de aspiración. Hay dos sopladores por tubo situados en ángulo, para ayudar a despegar los restos de estaño de las puntas de soldadura, cuando estás se aproximan a los tubos para ser limpiadas. Ahora mismo se encuentran por debajo de la altura a la que se aproximan las puntas, realizando una función nula. Primeramente habría que ajustar la posición de los actuales sopladores y una vez mejorada y replanteada la posición de los sopladores, se procederá a ajustarlos y posicionarlos de forma definitiva, la actual posición no es adecuada para la recogida de estaño por los tubos de aspiración.

Todo el conjunto se puede ver en la siguiente imagen:

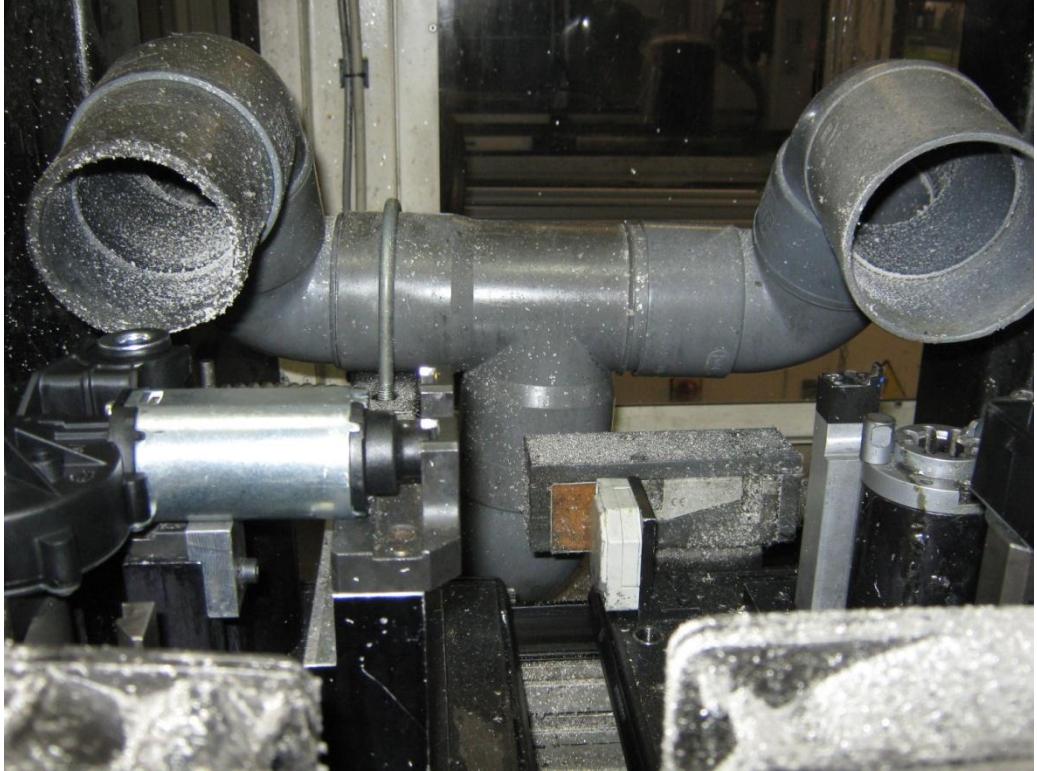


*Figura 90: Foto limpieza de puntas puesto 2.9*

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.9: función de aspiración de humos:**

Para la aspiración de humos, se quiere probar a realizar la aspiración a través del cabezal. Vista la poca eficiencia actual, se va a proceder a realizar un prototipo para colocar la aspiración en el cabezal de soldadura y ver cuanto humo se recoge aspirando cerca de la punta de soldadura, aparentemente una solución más eficiente. Se colocarían las bocas de aspiración a través de los cabezales y posteriormente, en el caso de que se consiga una mayor recogida de humo, se procederá a industrializar completamente el sistema, incluso hablando con el proveedor para ver si tiene algún cabezal comercial con la aspiración integrada.

La configuración actual se puede ver en la siguiente imagen:



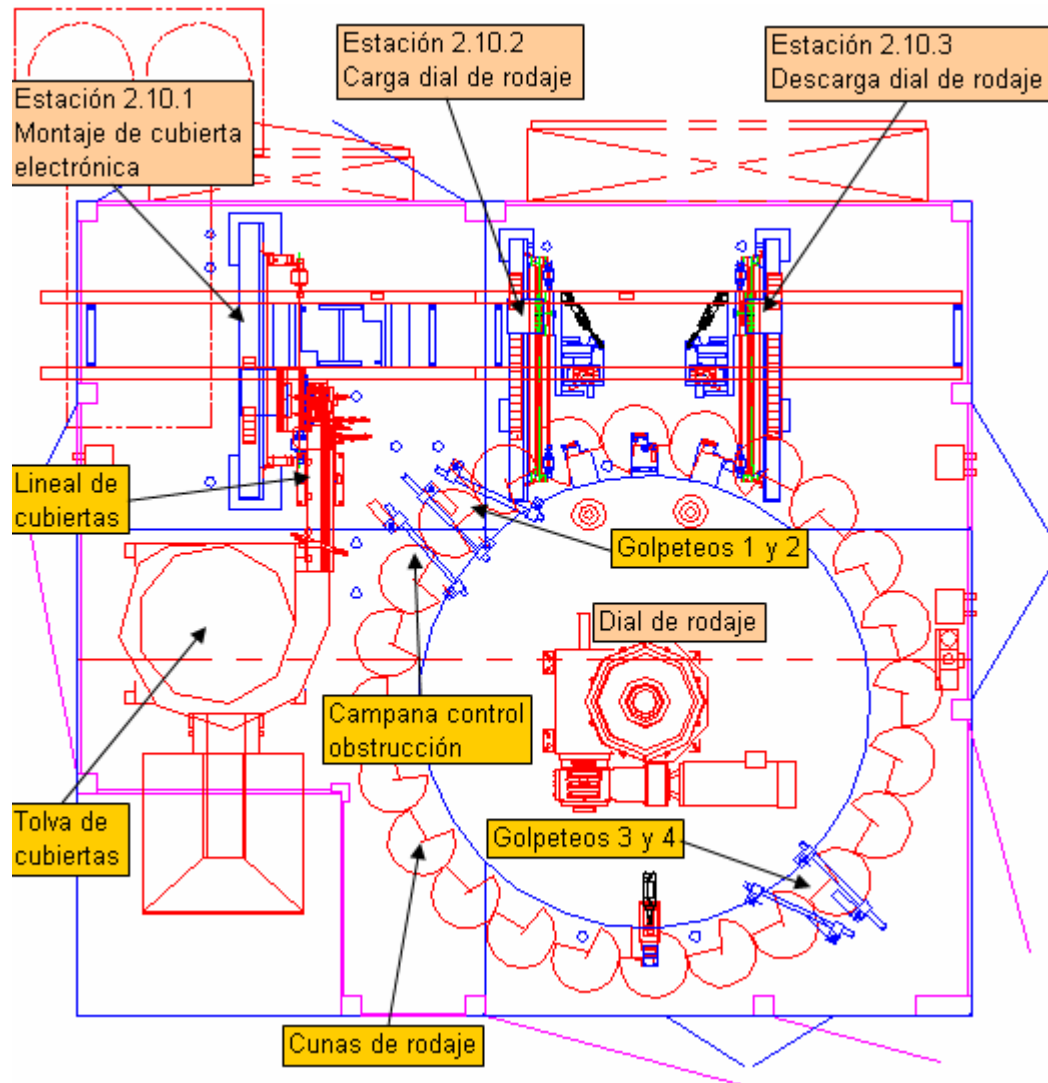
*Figura 91: Foto aspiración de humos puesto 2.9*

## 5.5 Acciones Relevantes Puesto 2.10

En la siguiente imagen se puede ver un esquema del puesto con sus elementos más importantes señalados y las tres subestaciones que lo forman:

- 2.5.1: montaje de cubierta electrónica.
- 2.5.2: carga dial de rodaje.
- 2.5.3: descarga dial de rodaje.





*Figura 92: Plano esquemático Puesto 2.10*

A continuación se detallan las acciones más importantes para fiabilizar la subestación del montaje de cubierta y el dial de rodaje, el elemento más importante de la carga y descarga del dial. Todas las acciones enumeradas, tanto del montaje de cubierta como de la carga y descarga del dial, se encuentran en el Anexo I.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.10.1: montaje de cubierta:**

En la siguiente imagen se puede ver este subpuesto:





*Figura 93: Foto subpuesto 2.10.1*

Lo más importante sería colocar los tubos y sopladores sueltos de la tolva de las tapas y eliminar los que no se usen, además de comprobar que realizan correctamente su función, ya que como se ha mostrado en el estudio de microparadas, se producen numerosos atascos de las tapas en la tolva. En la tolva de alimentación de tapas, se han ido colocando y modificando numerosos sopladores, para discriminar correctamente las tapas que no están situadas en la posición correcta; esto ha hecho que queden numerosos tubos sueltos y sopladores inutilizados que convendría eliminar, como se muestra en la imagen:



*Figura 94: Foto tolva de tapas subpuesto 2.10.1*

Se puede realizar con la máquina en marcha cuando se esté fabricando un motor sin tapa.

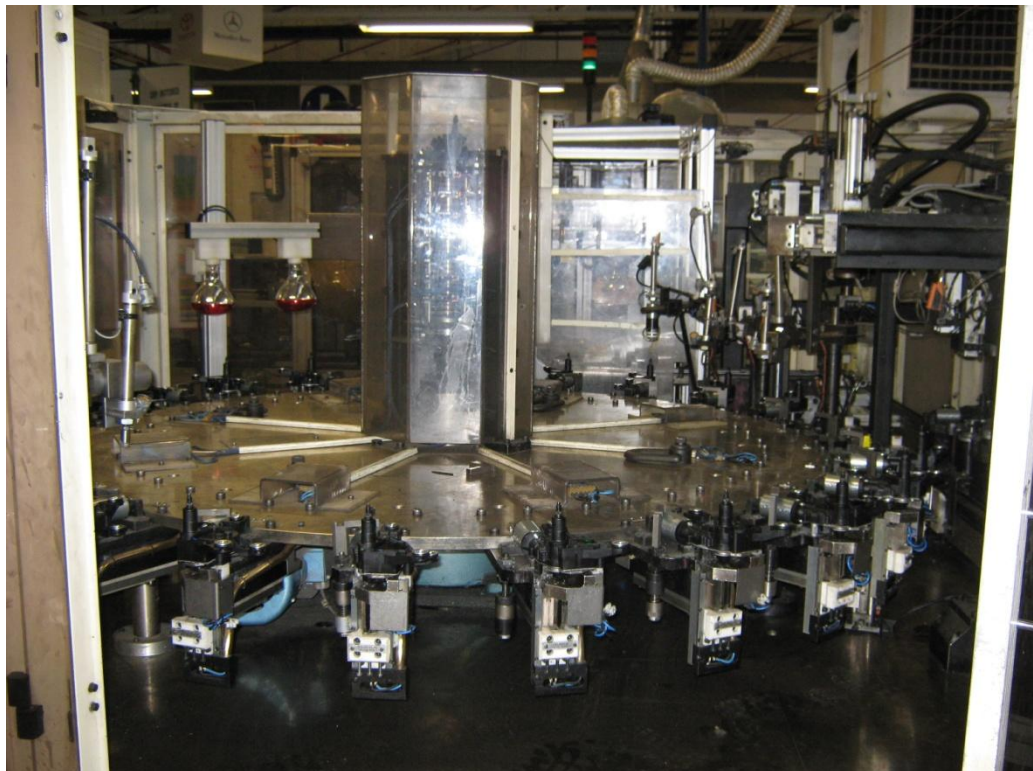
- **FIABLIZACIÓN DEL DIAL DE RODAJE:**

La carga y descarga del dial de rodaje, junto con el propio dial se encuentran en la subestación que se muestra a continuación:



*Figura 95: Foto subpuestos 2.10.2 y 2.10.3*

En esta otra imagen se puede ver con detalle el dial de rodaje con todos los motores colocados en las cunas, donde se encuentran en funcionamiento con todos los componentes montados por primera vez:

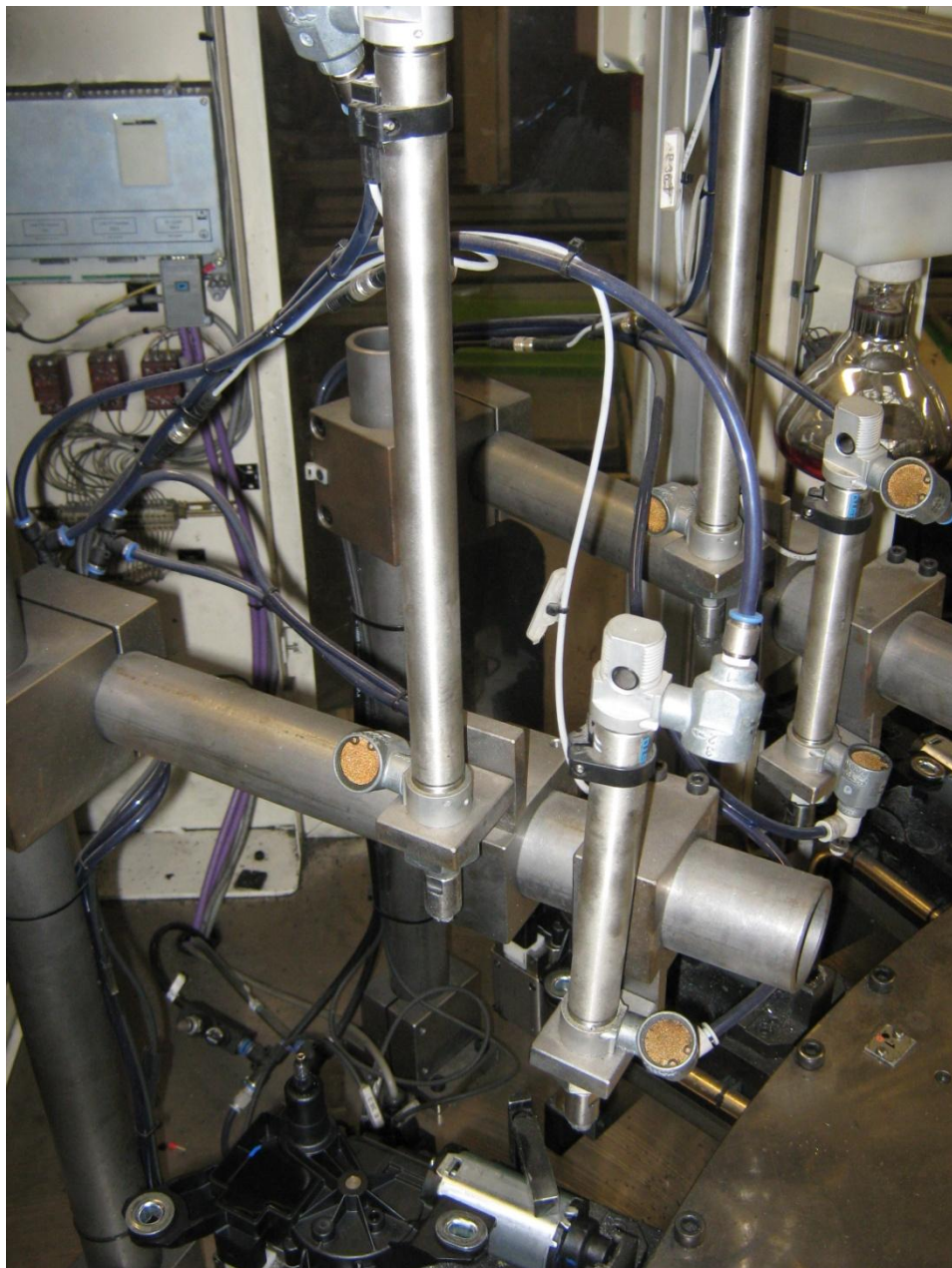


*Figura 96: Foto dial de rodaje*

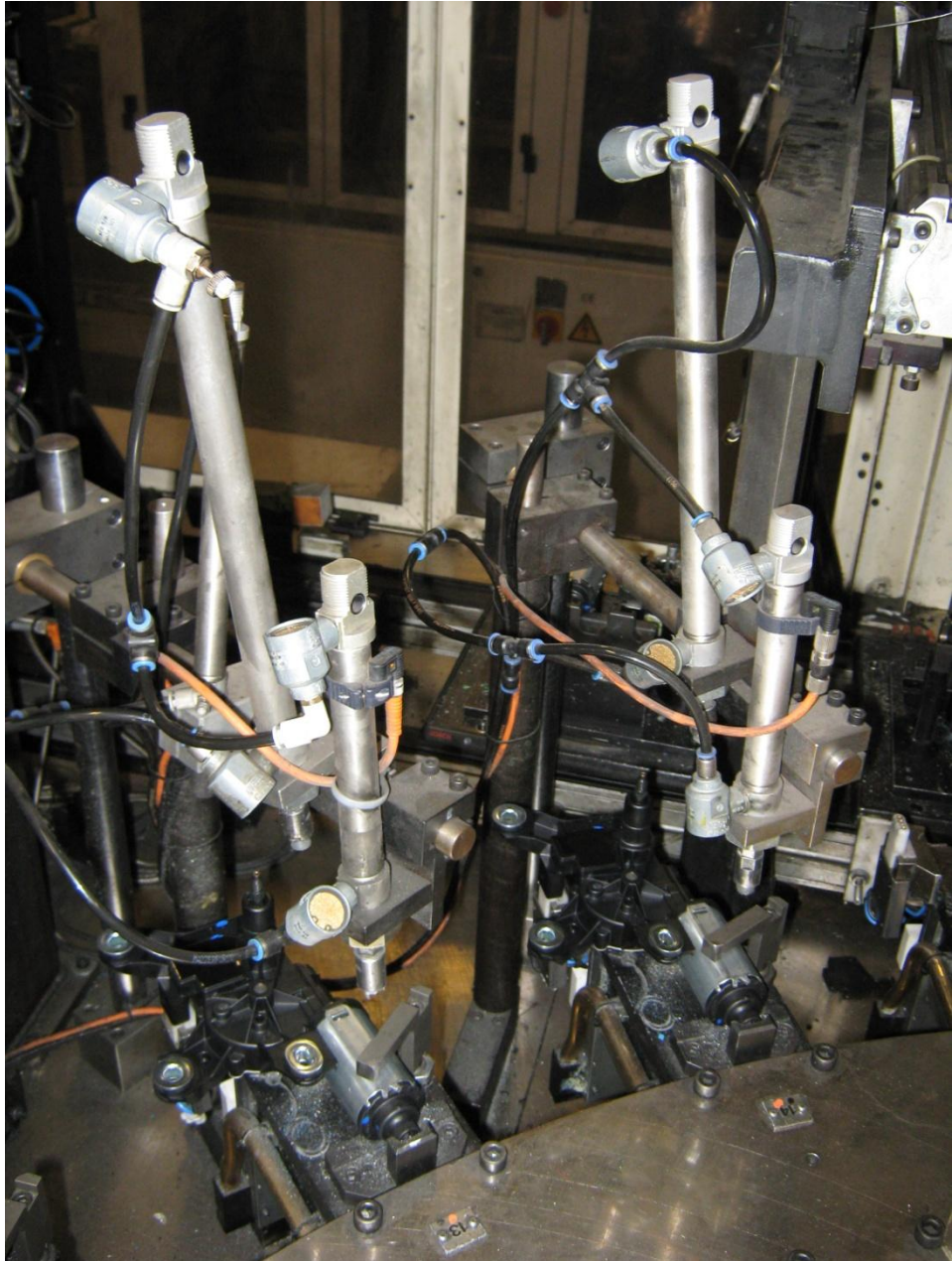


Además de los atascos de tapa en la tolva, también han salido numerosísimas microparadas de bloqueo y de motores mal colocados en las cunas donde se cargan para realizar el golpeteo.

Es necesario revisar el estado de los golpeadores de los cilindros de golpeteo, ya que el nylon de los golpeadores se encuentra muy deteriorado en muchos de ellos. Además sería bueno mejorar la instalación de los cilindros de golpeteo para que produzcan golpeteo y no empujen, muchas de las veces el golpeador se apoya sobre la carcasa Motor, donde tiene que producir el golpeteo, y realiza un empuje en vez del golpeteo deseado. En las siguientes imágenes, se pueden ver los dos conjuntos de golpeteo, formados por dos bloques de golpeteo cada uno:



*Figura 97: Foto conjunto de golpeteo 1 del dial de rodaje*



*Figura 98: Foto conjunto de golpeo 2 del dial de rodaje*

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 100 minutos aproximadamente para realizar toda la puesta a punto de los golpeadores.

La totalidad de cada uno de los planes de acción se encuentran recogidos en el Anexo I al final del documento, indicando además la prioridad y el tiempo de parada necesario, si es que se necesita la parada del puesto:

# Capítulo 6

## Conclusiones y líneas de trabajo futuro

### 6.1 Conclusiones

Creo que la conclusión más importante que se puede sacar de este proyecto, es que para que exista un Mantenimiento Productivo Total, es necesaria la implicación de todo el personal de la fábrica. Es imprescindible que se impliquen todos los componentes, tanto para la eliminación de las causas de pérdida de producción en las máquinas, como para aumentar su fiabilidad y disponibilidad y contribuir así a la mejora del flujo y la productividad. De esta manera se ha visto como, para llevar a cabo todos los estudios realizados y la elaboración de los planes de acción, ha sido necesaria la colaboración de todo el equipo de trabajo. Además se ha requerido la participación de todos los miembros implicados de la planta, desde la dirección hasta el último operario de la línea, pasando por todos los departamentos.

Gracias a los resultados obtenidos de ambos estudios de Rojo/Verde, se pudo comprobar que no hay ningún puesto de la línea que se encuentre saturado, todos están trabajando muy por debajo de sus posibilidades, debido a dos aspectos:

- En prácticamente todos los puestos existen microparadas que afectan, no sólo a ese puesto, sino también a los anteriores, taponando y no dejando salir los platos, y a los posteriores, no llegándoles platos al estar parado el puesto.
- Los puestos con mayor tiempo de ciclo ralentizan mucho el circuito 2 de la línea, son auténticos cuellos de botella que afectan a los puestos que tienen por detrás y por delante. Estos puestos con mayor tiempo de ciclo son la soldadura láser (P2.85) y el puesto del “Potting” (2.95).

Con el estudio de variabilidad, se verificó efectivamente que esos dos puestos eran los que tenían mayor tiempo de ciclo. Ambos puestos se encuentran fiabilizados al máximo, pero tanto por los requerimientos que se necesitan en la soldadura, como por los que se requieren en la resina que cubre la electrónica, no se pueden disminuir esos tiempos, son dos puestos que trabajan muy constantes y están muy optimizados.

Además, con la ayuda del estudio de microparadas, se pudo observar que para una producción importante, surgen muchísimas microparadas, que hacen que numerosos puestos estén constantemente parándose y además parando los puestos que tienen por detrás y por delante. Es el aspecto más importante que afecta a la producción de esta línea de producción y si se quiere mejorar en primer lugar se tienen que reducir de forma drástica un gran número de microparadas repetitivas, sobre todo en ciertos puestos que son muy numerosas.

De esta manera, con la ayuda de los tres estudios, queda demostrado que no sólo es necesario el trabajo del operario para tener unos buenos niveles productivos, estando pendiente de cada máquina en todo momento cada vez que surge una incidencia, las máquinas por si solas tienen unas enormes pérdidas de producción. Esto es debido principalmente a una falta total de mantenimiento preventivo, como se ha visto reflejado en las acciones de mejora de los cuatro puestos sobre los que se ha decidido actuar. Es necesario un mantenimiento preventivo para mantener el estado óptimo de las máquinas y prevenir las anomalías.

## 6.2 Líneas de trabajo futuro

Por supuesto, lo prioritario sería que los equipos asignados del departamento de mantenimiento llevarán a cabo todas y cada una de las acciones expuestas en los planes de acción de los cuatro puestos a fiabilizar. Sin ello este proyecto no tendría sentido, salvo el de demostrar que la línea tiene unos niveles de producción muy por debajo de sus posibilidades. Como ya se ha dicho, el fin de realizar la fiabilización de dichos puestos es conseguir aumentar la productividad de la línea, sin ello no se podría obtener ningún tipo de resultado en los índices que miden la productividad.

Al igual de importante que realizar la fiabilización, sería el analizar los resultados una vez realizada. No sólo los índices que muestran los niveles productivos, sino también obtener nuevos resultados de los tres estudios, realizándolos otra vez con muestras más pequeñas, que permitan comprobar la evolución que se ha conseguido gracias a la aplicación de los planes de acción.

Otro punto importante, sería elaborar y llevar a cabo nuevos planes de acción sobre otros puestos, siempre estableciendo una prioridad, vista la completa falta de mantenimiento preventivo en la línea, prácticamente ausente. A su vez, igual de importante, sería establecer paradas de producción programadas periódicamente para realizar mantenimiento preventivo, que hagan que no se llegue al extremo que se había llegado.

Más a largo plazo, también sería conveniente volver a realizar los tres estudios y ver como ha sido la evolución la línea una vez que se han llevado a cabo todos los planes de acción y se han establecido paradas periódicas para realizar mantenimientos preventivos.



# Bibliografía

## 1. Libros

Baudin, Michel: “Diseño de líneas de montaje: pernos y tuercas de las operaciones de ensamble eficientes” (Productivity Press, 2002)

Hutchins, David: “Just in time” (AENOR, 2000)

## 2. Páginas web

<http://www.valeo.com/en>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Valeo>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_por\\_rayo\\_l%C3%A1ser](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_rayo_l%C3%A1ser)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Rotor\\_\(m%C3%A1quina\\_el%C3%A9ctrica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Rotor_(m%C3%A1quina_el%C3%A9ctrica))

[http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Generador\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Generador_el%C3%A9ctrico)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Inductor>

[http://www.unicrom.com/Tut\\_bobina.asp](http://www.unicrom.com/Tut_bobina.asp)

<http://www.ing.unp.edu.ar/electronica/asignaturas/ee016/tutoriales/inductores/inductores.htm>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Inducido>

<http://www.es.trumpf.com/es/productos/tecnologia-laser/soluciones/campos-de-aplicacion/soldadura-por-laser/soldadura-con-estano.html>

<http://www.gnclaser.es/servicios/ver.php?id=es&Nservici=1202310750>

<http://www.rofin.es/es/aplicaciones/soldadura-laser/>

[http://www.ecured.cu/index.php/Soldadura\\_por\\_l%C3%A1ser](http://www.ecured.cu/index.php/Soldadura_por_l%C3%A1ser)

<http://bielec.es/web/productos/automatismos/wolf>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_blanda](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_blanda)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_l%C3%B3gico\\_programable](http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable)

<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn49.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Soldador\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldador_el%C3%A9ctrico)

# Anexo I

## Planes de acción

En este Anexo se muestran los planes de acción completos para cada uno de los puestos elegidos por el equipo para realizar la fiabilización:

### 1. Plan de Acción Puesto 2.2

A continuación se detallan las acciones para fiabilizar cada una de las subestaciones del puesto y de las funciones generales, indicando además la prioridad y el tiempo de parada necesario, si es que se necesita la parada del puesto:

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.2.1: engrasado y ensamble de rueda de transmisión:**

- Limpieza interior de cabina de tolva de ruedas:

Se encuentra en un abandono total al encontrarse cerrada en la cabina. Se propone realizar una limpieza periódica.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Sustituir espuma de insonorización de la cabina de tolva de ruedas:

Se encuentran despegadas y muy deterioradas.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 120 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Limpieza dial de giro:

El plato de giro se encuentra con muchos restos de grasa. Se propone realizar una limpieza periódica.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Eliminar dispositivo de protección de fotocélula del dial de giro:

No se encuentra operativo.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Fijar válvula de engrase del bulón central de rueda:

Está suelta y va a provocar una avería a corto plazo.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Sustituir agujas de engrasado:

Se encuentran muy deterioradas, algunas incluso dobladas.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ordenar y marcar instalación eléctrica y neumática de todos los cilindros y pinzas de manipulación que van desde el lineal al plato de giro y de este al palet:

De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 45 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ubicar reguladores de presión en soportes fijos:

Se encuentran colgando y no se identifica a que elemento corresponde cada uno.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 45 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Definir presión de trabajo de reguladores y marcarlos con cada valor:

Así no se podrán estar regulando libremente sin ningún criterio.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Sustituir regulador de caudal en cilindro horizontal:

Está partido y va a dejar de realizar su función en poco.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.2.2: ensamble de transmisión:**

- Ordenar los cables de los detectores del manipulador:

De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 45 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Avellanar las bandejas que lo necesiten:

Para así facilitar la inserción de las transmisiones en el sistema de alimentación.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Pedir bandejas nuevas si no hay en fábrica:

Muchas se encuentran rotas y muy deterioradas por el uso.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Sustituir tuerca por una nueva en detector de presencia bandejas:

Está rota y va a terminar por soltar el detector.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Sustitución y ajuste de pisadores de bandejas:

Se encuentran muy deteriorados y desajustados y no centran bien las bandejas, produciendo en numerosas ocasiones errores a la hora de coger las transmisiones.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Instalar un pisador nuevo en la esquina que no existe:

Con 4 pisadores en vez de 3 se conseguirá un centraje más fino.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Fijar definitivamente el sistema de doble velocidad y colocar todo el cableado y sistema neumático del cilindro vertical del manipulador:

Ahora mismo, la válvula de doble velocidad está con una fijación provisional con todo el cableado desordenado y con conexiones aéreas.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Reparación del tope mecánico del cilindro vertical:

Está trasroscado y no realiza correctamente su función.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Limpieza de cintas de arrastre de H-Bot (sistema de coordenadas de manipulación):

Tienen mucha suciedad residual. Se propone realizar una limpieza periódica.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar y sustituir dedos de agarre de la pinza que coge la transmisión:

Están muy desgastados del uso y se escapan a la hora del ir a agarrar la transmisión. Se trata de la principal causa de microparadas en este puesto, lo que hace que sea muy importante solucionarlos.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Optimizar diseño de cogida de la transmisión

Al igual que el punto anterior, es algo muy importante de solucionar, con sistema de cogida mejorado, se evitarían numerosas microparadas.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad A.

- **FIABILIZACIÓN FUNCIONES GENERALES:**

- Limpiar suciedad residual de las bancadas:

Para acabar la fiabilización del puesto, conviene realizar una limpieza completa.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 75 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Reparar protecciones puerta delantera de alimentación bandejas:

Tiene el perfil roto y hace que a veces no quede bien cerrada, no dejando arrancar el puesto y por tanto ralentizando la parada.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 45 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Eliminar elementos de trabajo que no se utilicen:

Muy importante también para el saneamiento del puesto.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad B.

## 2. Plan de Acción Puesto 2.5

A continuación se detallan las acciones para fiabilizar cada una de las subestaciones del puesto y de las funciones generales, indicando además la prioridad y el tiempo de parada necesario, si es que se necesita la parada del puesto:

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.5.1: atornillado de tapa:**

- Limpieza de tornillos caídos de la tolva:

Como acción más inmediata, recoger todos los tornillos que se encuentran fuera de la tolva. Cuando la tolva se pone a vibrar para alimentar tornillos y se encuentra muy llena, se salen fuera y se quedan dentro de la carcasa donde se encuentra la tolva protegida.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Diseño de dispositivo anticaída de tornillos:

Como acción secundaria, realizar un prototipo y probarlo para evitar la caída de tornillos. Conseguir que cuando se cierra la tapa de la carcasa que contiene la tolva, no quede espacio abierto entre la tapa y la tolva.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Petición de dispositivo anticaída de tornillos:

Si el prototipo resulta eficiente, solicitarlo para que se fabrique para las tres tolvas.



Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Fijar tubo suelto en salida de tornillos de la tolva 3:

Al estar suelto puede llegar a separarse del soplador que expulsa los tornillos por el tubo.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Fijar los detectores de presencia de tornillo en el tubo tanto en la salida de las tolvas como en la entrada de los atornilladores:

Colocarlos en una posición fija para que no ocurran falsas detecciones dando lugar a que no salga el tornillo o incluso que envíe un segundo tornillo.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Sustituir bisagras de tapas de tolvas:

Están muy deterioradas, algunas incluso rotas dejando la tapa de la carcasa de la tolva completamente suelta.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Sustituir potenciómetro de tolva 3:

Se detecta que no funciona, es necesario cambiarlo cuanto antes.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Cambiar cable en detector de nivel de tolva 3:

Está muy deteriorado y si se rompe no nos avisará de que la tolva 3 tiene bajo nivel de tornillos para proceder a rellenarla.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Sustituir las baquelitas de los selectores de tornillos de la tolva y colocar palomillas de sujeción:

Las tres baquelitas tienen alguna de sus patillas rotas, hay que sustituirlas como acción más inmediata. Además, para evitar que partan tan a menudo,

se decide sustituir las tuercas que las sujetan por palomillas de apriete manual, facilitando además el afloje cuando algún tornillo queda atascado.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Mejora de diseño de baquelita para que no partan y no se muevan:

Como acción secundaria, mejorar el diseño de estas baquelitas haciéndolas más gruesas o en otro material para evitar que se partan las patillas tan a menudo.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Sustituir los 3 tubos de alimentación de tornillos:

Se encuentran en muy mal estado, aprovechar cuando se vaya a parar el puesto para sustituirlos y evitar futuras averías.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 135 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ordenar y marcar instalación eléctrica y neumática:

Todo el cableado se encuentra desordenado y con conexiones aéreas. De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 90 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ubicar todos los reguladores de presión necesarios en soportes fijos, definir su presión de trabajo y marcarla:

Se encuentran colgando y no se identifica a que elemento corresponde cada uno. Si además se deja perfectamente marcada su presión de trabajo, se evitara que se estén regulando libremente sin ningún criterio.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 90 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Colocar abrazaderas de sujeción de detectores en cilindros verticales de atornilladores:

Se encuentran sujetos con bridas, lo que no permite obtener la misma regulación de la carrera del cilindro que sus abrazaderas de sujeción.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Fijar canaleta articulada del eje Y:

Se encuentra suelta moviéndose aleatoriamente en cada ciclo de trabajo, esto produce el rápido deterioro del cableado que se encuentra en su interior.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Limpieza de correas de transmisión de H-Bot:

Tienen demasiada suciedad residual y puede acabar entorpeciendo el funcionamiento de los ejes de transmisión.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 45 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.5.2: control altura tornillos de tapa:**

- Fijar caja de conexión del útil de familia 7P:

Está suelta y aunque este útil no se encuentre trabajando constantemente, conviene dejarle fija su caja de conexión.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.5.3: volteo motor:**

- Ordenar y marcar instalación eléctrica y neumática del cilindro vertical:

Todo el cableado se encuentra desordenado y con conexiones aéreas. De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- **FIABILIZACIÓN FUNCIONES GENERALES:**

- Limpieza de suciedad residual de las bancadas:

Para acabar la fiabilización del puesto, conviene realizar una limpieza completa.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 120 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ordenar instalación eléctrica y neumática bajo bancada:

Todo el cableado se encuentra desordenado. De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Fijar toma tierra del Nodo 105:

Se encuentra suelta.

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Sustituir manómetro roto y revisar resto:

Sustituir el que tiene rota la pantalla y por tanto no da ninguna indicación y revisar que el resto se encuentra en perfecto estado.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Fijar válvula neumática atornillador 1:

Se encuentra suelta

Se puede realizar con la máquina en marcha. Prioridad B.

- Sustituir guía en salida de transvase de cinta bypass a vía 1:

Esta rota la guía de la cinta de transporte.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 75 minutos aproximadamente. Prioridad A.

### 3. Plan de Acción Puesto 2.9

A continuación se detallan las acciones para fiabilizar cada una de las funciones del puesto, incluyendo las generales. En esta ocasión no se indican ni la prioridad ni el tiempo de parada necesario, ya que se pueden realizar cuando el puesto no esté trabajando:

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.9: soldadura placa electrónica:**

- Limpieza de cabezal 1:

Realizar una limpieza exhaustiva desmontando cada uno de los componentes, tiene mucha suciedad residual y restos de estaño pegados en cada componente.

- Ordenar instalación eléctrica y neumática de cabezal 1:

De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

- Revisar holgura en el eje de sujeción del cabezal 1 al cilindro:

Es importante ya que si aumenta esa holgura se producirán soldaduras poco precisas al no estar el cabezal centrado.

- Limpieza de cabezal 2:

Realizar una limpieza exhaustiva desmontando cada uno de los componentes, tiene mucha suciedad residual y restos de estaño pegados en cada componente.

- Ordenar instalación eléctrica y neumática de cabezal 2:

De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

- Fijar caja de conexiones eléctricas del cabezal 2:

Está suelta, oscilando de un lado a otro cada vez que el cabezal se mueve.

- Estudiar mejora de las placas de amarre de las cajas de conexiones eléctricas de los cabezales:

Al ser de plástico, parten con frecuencia, dejando sueltas las cajas de conexiones eléctricas de los cabezales. Se propone fabricarla en aluminio para evitar que partan.

- Limpieza de correas de transmisión de H-Bot:

Tienen demasiada suciedad residual y puede acabar entorpeciendo el funcionamiento de los ejes de transmisión.

- Colocar tapa a bornero de conexiones del H-Bot:

En alguna intervención del puesto se ha quitado la tapa y no se ha vuelto a colocar, dejando las conexiones al alcance de cualquiera.

- Valorar posibilidad de sustitución de cabezales:

Ver si existe la posibilidad de sustituir el modelo de cabezal de soldadura actual, por uno más moderno de las mismas características para que se pueda acoplar al puesto sin tener que modificar nada.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.9: función de limpieza de puntas:**

- Hacer prueba con aspiración por Venturi:

El sistema actual de aspiración es totalmente ineficaz, se procederá a colocar una aspiración por Venturi para ver si se consigue una mayor succión.

- Industrialización total de sistema por Venturi:

En el caso de que se observe una mejora notable de succión con el sistema Venturi, se pasará a la industrialización total del sistema, dejando en un sitio accesible para el operario la bolsa de recogida de restos de estaño para su fácil limpieza o sustitución.

- Estudio de posicionamiento fijo de tubos de aspiración en bancada:

Ahora mismo están sueltos y no tienen una posición fija. Primeramente se procederá a sujetarlos para posteriormente dejarlos fijos en la posición más idónea para realizar la aspiración.

- Estudiar posición de los sopladores en los tubos de aspiración para mejorar la recogida de estaño:

En las bocas de los tubos de aspiración, hay dos sopladores por tubo, situados en ángulo, para ayudar a despegar los restos de estaño de las puntas de soldadura, cuando éstas se aproximan a los tubos para ser limpiadas. Ahora mismo se encuentran por debajo de la altura a la que se aproximan las puntas, realizando una función nula.

- Ajustar posición de los actuales sopladores:

Una vez mejorada y replanteada la posición de los sopladores, se procederá a ajustarlos y posicionarlos de forma definitiva, la actual posición no es adecuada para la recogida de estaño por los tubos de aspiración.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.9: función de aspiración de humos:**

- Eliminar ventiladores cuando se cambie el sistema de absorción:

Actualmente lo único que consiguen los ventiladores que hay colocados, es distribuir el humo a través del puesto, ya que estos se encuentran a un lado de donde paran los platos para que los motores sean soldados, y las bocas de los tubos de aspiración al otro. Solo una pequeña parte del humo generado en la soldadura va a parar a los tubos, ya que aunque existan unos ventiladores para empujar el humo hacia los tubos, este tiende a ir hacia arriba.

- Prueba de aspiración a través del cabezal.

Vista la poca eficiencia actual, se va a proceder a realizar un prototipo para colocar la aspiración en el cabezal de soldadura y ver cuanto humo se recoge aspirando cerca de la punta de soldadura, aparentemente una solución más eficiente.

- Colocar bocas de aspiración a través de los cabezales:

Posteriormente y en el caso de que se consiga una mayor recogida de humo, se procederá a industrializar completamente el sistema, incluso

hablando con el proveedor para ver si tiene algún cabezal comercial con la aspiración integrada.

- Eliminar tubos de aspiración actuales cuando este implementado en punto anterior:

Una vez mejorado el sistema de extracción de humos, se procederá a eliminar los tubos de aspiración que había hasta el momento.

- **FIABILIZACIÓN FUNCIONES GENERALES:**

- Ordenar instalación eléctrica y neumática bajo bancada

Todo el cableado se encuentra desordenado. De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

- Cambiar la protección superior del puesto por una protección opaca:

Además de que la actual se encuentra muy deteriorada, tiene mucha suciedad residual que empeora la imagen del puesto demasiado al ser transparente, con una protección opaca se notaría mucho menos.

- Eliminar instalación de precalentadores no se utiliza:

Los primeros cabezales de soldadura que se usaron en este puesto, hacían uso de ellos, pero ya no se necesitan y sería conveniente su eliminación.

- Ordenar instalación eléctrica y colocar tapas de protección en controles de cabezales:

Todo el cableado se encuentra desordenado y al descubierto al estar quitadas las tapas de protección de ambos controles de cabezales. De esta forma se reducirá notablemente el tiempo de parada ante una avería al localizar el problema mucho antes.

- Cambiar ubicación de la luminaria para instalación de tubos aspiración:

La actual ubicación de la luminaria del puesto molestaría para colocar los nuevos tubos de aspiración de humos.

- Revisar conjunto de transmisión-motor cinta de transporte de entrada:



El eje de transmisión del motor no gira de forma adecuada y está produciendo un sobrecalentamiento en el motor de esa cinta de transporte.

## 4. Plan de Acción Puesto 2.10

A continuación se detallan las acciones para fiabilizar cada una de las subestaciones del puesto y de las funciones generales, indicando además la prioridad y el tiempo de parada necesario, si es que se necesita la parada del puesto:

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.10.1: montaje de cubierta:**

- Colocar los tubos y sopladores sueltos de la tolva de las tapas y eliminar los que no se usen:

En la tolva de alimentación de tapas, se han ido colocando y modificando numerosos sopladores, para discriminar correctamente las tapas que no están situadas en la posición correcta; esto ha hecho que queden numerosos tubos sueltos y sopladores inutilizados que convendría eliminar.

Se puede realizar con la máquina en marcha cuando se esté fabricando un motor sin tapa. Prioridad B.

- Colocar circuito eléctrico completo del motor del lineal de alimentación:

Hay cables y condensadores sueltos y la caja de conexión está abierta, sanearlo por completo ya que puede ocasionar una avería grave.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar estado de correas de tracción del lineal de alimentación:

Es conveniente revisarlas y tensarlas para que funcionen correctamente.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ordenar y colocar fibras de detección presencia cubierta:

Están todas sueltas y a menudo no detectan correctamente produciendo microparadas.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Cambiar regulador de caudal del cilindro horizontal del montaje de cubierta:

Está dañado y no realiza correctamente su función.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Colocar tubo del cableado del cilindro horizontal:

Está suelto haciendo que todo el cableado se mueva de un lado para otro, repararlo o sustituirlo si fuese necesario.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.10.2: carga dial de rodaje:**

- Achaflanar cunas del dial de rodaje:

Las cunas donde se depositan los motores para realizar el rodaje, dañan los motores de algunas familias debido al desgaste que tienen en algún vértice, conviene achaflanar esos vértices.

Se puede realizar con la máquina en marcha cuando no se estén usando las cunas de esa familia. Prioridad B.

- Revisar y reparar holgura del cilindro horizontal del manipulador de carga:

Esta holgura afecta muchas veces al posicionamiento del motor sobre las cunas del dial de rodaje, produciendo microparadas innecesarias.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar y reparar holgura del cilindro de giro del manipulador de carga:

Esta holgura afecta muchas veces al posicionamiento del motor sobre las cunas del dial de rodaje, produciendo microparadas innecesarias. Es debida al bulón de sujeción y giro de la parte posterior del cilindro, es necesario cambiarlo.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 180 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Reparar o sustituir canaleta flexible de cableado:

Está muy deteriorada haciendo que todo el cableado se mueva de un lado para otro, repararla o sustituirla si fuese necesario.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ordenar los cables de los detectores del cilindro vertical 1 del manipulador de carga:

Está todo el cableado suelto y desordenado provocando que los cables estén rozando en el movimiento.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Colocar y fijar manguera de multipolo cilindro horizontal del manipulador de carga:

Está todo el cableado suelto y desordenado provocando que los cables estén rozando en el movimiento.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Colocar y fijar amplificador fotocélula de cilindro vertical 1 del manipulador de carga:

Está completamente suelto, oscilando de un lado a otro con el movimiento del conjunto.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ordenar los cables de los detectores del cilindro vertical 2 del manipulador de carga:

Está todo el cableado suelto y desordenado provocando que los cables estén rozando en el movimiento.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 45 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Eliminar reguladores de presión innecesarios del cilindro de giro del manipulador de carga:

Muchos reguladores de presión no aportan nada o se encuentran duplicados sin ningún tipo de regulación.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Cambiar reguladores de caudal deteriorados del cilindro de giro del manipulador de carga:

Muchos se encuentran en muy mal estado.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Colocar abrazaderas de sujeción de los detectores en el cilindro de giro del manipulador de carga:

Se encuentran sujetos con bridas, lo que no permite obtener la misma regulación de la carrera del cilindro que sus abrazaderas de sujeción.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Sustituir el casquillo del eje de giro en el cardan delantero del cilindro de giro del manipulador de carga:

Está sumamente desgastado.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar uñetas basculantes de la pinza de cogida de motor del manipulador de carga:

Es necesario pedir repuesto y sustituir las más desgastadas después de revisarlas, ya que están produciendo múltiples microparadas en el puesto.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- **FIABILIZACIÓN PUESTO 2.10.3: descarga dial de rodaje:**

- Fijar caja de conexiones del cilindro horizontal del manipulador de descarga:

Se encuentra completamente suelta.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 20 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar estado del bulón de giro posterior del cilindro de giro del manipulador de descarga:

Da la impresión de estar sumamente desgastado ya que tiene mucha holgura, revisar y sustituir si es necesario.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar estado del bulón de giro en el cardan delantero del cilindro de giro del manipulador de descarga:

Da la impresión de estar sumamente desgastado ya que tiene mucha holgura, revisar y sustituir si es necesario.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar estado del casquillo delantero de giro del cilindro de giro del manipulador de descarga:

Da la impresión de estar sumamente desgastado ya que tiene mucha holgura, revisar y sustituir si es necesario.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar holgura del cilindro horizontal del manipulador de descarga:

Tiene las guías muy desgastadas lo que da mucha holgura al conjunto.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Colocar en su posición las pletinas de amarre del cilindro horizontal del manipulador de descarga al cabezal:

Están las pletinas completamente desplazadas.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 120 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Ordenar los cables de los detectores del cilindro vertical 2 del manipulador de descarga:

Está todo el cableado suelto y desordenado provocando que los cables estén rozando en el movimiento.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 45 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Limpiar cilindro de giro del manipulador de descarga:

La suciedad del cilindro proviene del ventilador de la fuente de alimentación que la está expulsando justo encima. Limpiar el cilindro como acción más inmediata.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Colocar alerón-difusor en ventilador de la fuente alimentación:

Como siguiente acción, probar a poner una especie de alerón, que haga que el aire sea expulsado fuera del puesto y evite la acumulación de suciedad sobre el cilindro.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 20 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Colocar abrazaderas de sujeción de los detectores en el cilindro de giro del manipulador de descarga:

Se encuentran sujetos con bridas, lo que no permite obtener la misma regulación de la carrera del cilindro que sus abrazaderas de sujeción.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 15 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Eliminar reguladores de presión innecesarios del cilindro de giro del manipulador de descarga:

Muchos reguladores de presión no aportan nada o se encuentran duplicados sin ningún tipo de regulación.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- Cambiar reguladores de caudal deteriorados del cilindro de giro del manipulador de descarga:

Muchos se encuentran en muy mal estado.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar uñetas basculantes de la pinza de cogida de motor del manipulador de descarga:

Es necesario pedir repuesto y sustituir las más desgastadas después de revisarlas, ya que están produciendo múltiples microparadas en el puesto.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- **FIABLIZACIÓN DEL DIAL DE RODAJE:**

- Revisar estado de los golpeadores de los cilindros de golpeteo:

El nylon del los golpeadores se encuentra muy deteriorado en muchos de ellos.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Mejorar instalación de los cilindros de golpeteo para que produzcan golpeteo y no empuje:

Muchas de las veces el golpeador se apoya sobre la carcasa Motor, donde tiene que producir el golpeteo, y realiza un empuje en vez del golpeteo deseado.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 90 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Cambiar o quitar regulador de caudal en escape rápido del cilindro de golpeteo 2:

Está roto, cambiarle por uno nuevo o quitarle en el caso de que no sea necesario.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Revisar estado de los gatillos de sujeción del motor de las cunas del rodaje:

Muchos de los gatillos tienen holgura o están sueltos y no agarran bien el motor sobre la cuna, revisarlos para cada una de las familias.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Limpieza y sustitución de los pines de los conectores de las cunas del rodaje:

Necesitan una buena limpieza para hacer bien la conexión del motor, además de sustituir los que estén en mal estado.

Se puede realizar con la máquina en marcha cuando no se estén usando las cunas de esa familia. Prioridad B.



- Sustituir las protecciones de las bornas de conexión del dial de rodaje por unas nuevas:

Faltan muchas, ocho en total, y las que están tienen partes partidas al ser de plástico y estar ya muy pasadas.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 30 minutos aproximadamente. Prioridad B.

- **FIABILIZACIÓN FUNCIONES GENERALES:**

- Limpiar suciedad residual de las bancadas:

Para acabar la fiabilización del puesto, conviene realizar una limpieza completa.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 90 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Reparar puertas abatibles:

Están descolgadas y no cierran bien, lo que en muchas ocasiones hace que no se pueda arrancar el puesto al encontrarse mal cerrado y no detectarlas como cerradas.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Reparar puertas de la zona de cambio de cunas:

También se encuentran descolgadas y no cierran bien, lo que produce que no se pueda arrancar el puesto al encontrarse mal cerradas y no detectarlas como cerradas, cuando se sustituyen las cunas por las de otra familia.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Colocar protección de separación entre la tolva de cubiertas y dial rodaje:

Ahora mismo se encuentra sin protección, siendo un elemento grave de seguridad para el operario.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 60 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Sustituir vaso de la unidad de mantenimiento de la entrada general de aire:

Está completamente roto.

Es necesario un tiempo de parada de máquina de unos 10 minutos aproximadamente. Prioridad A.

- Reponer números de identificación cuna:

A muchas de las cunas les falta su número de identificación, muy importante para saber a que familia corresponden.

Se puede realizar con la máquina en marcha cuando no se estén usando las cunas de esa familia. Prioridad B.